

De tweede Gouden Eeuw

Nederland en de Nobelprijzen voor natuurwetenschappen 1870-1940

Bastiaan Willink

bron

Bastiaan Willink, *De tweede Gouden Eeuw*. Bert Bakker, Amsterdam 1998

Zie voor verantwoording: https://www.dbnl.org/tekst/will078twee01_01/colofon.php

Let op: boeken en tijdschriftjaargangen die korter dan 140 jaar geleden verschenen zijn, kunnen auteursrechtelijk beschermd zijn. Welke vormen van gebruik zijn toegestaan voor dit werk of delen ervan, lees je in de [gebruiksvoorwaarden](#).



Dankwoord

In juni 1996 wandelde ik over de begraafplaats van Montparnasse in Parijs, op zoek naar het graf van Henri Poincaré. Na enige omzwervingen vond ik het, verscholen achter graven van onbekenden, tegen de grote muur. Opluchting over de vondst mengde zich met verontwaardiging. Dit is geen passende plaats voor de grootste Franse wiskundige van de Belle Epoque. Hij hoort in het Pantheon!

Meteen zag ik in dat zo'n reactie bij een Nederlander geen pas geeft. In ons land is er geen erebegraafplaats voor personen die grote prestaties leverden. Het is al een wonder, gelukkig minder zeldzaam dan vroeger, als er een biografie verschijnt van een Nederlandse wetenschappelijke coryfee. Dat motiveerde me om het plan voor dit boek definitief door te zetten. Het zou geen biografie worden, maar een mini-Pantheon van de Nederlandse wetenschap rond 1900. Er zijn eerder vergelijkbare boeken verschenen, maar een recent overzicht dat bovendien speciale aandacht schenkt aan oorzaken en gevolgen van bloei is er niet.

Toen de tekst vorm begon te krijgen, sloeg de onzekerheid toe. Wie ben ik om al die verschillende specialisten te karakteriseren? Veel deskundige vrienden en vriendelijke deskundigen hebben me geholpen om de ergste omissies en fouten weg te werken. Ik ben de volgende hoog- en zeergeleerden erkentelijk voor literatuursuggesties en soms zeer indringend commentaar: A. Blaauw, H.B.G. Casimir, D. van Dalen, A. Jolink, N.G. van Kampen, J.K. Katgert-Merkelijn, A.J. Kox, W. Ophelders, H.A.M. Snelders, B. Theunissen, A.S. Troelstra, N. Wilterdink, en ook Carmen Heijmerink, Martine Kramers, L. Laceulle, Willy Tiekstra, J. de Vos

en Erik Zevenhuizen. Bij het beschrijven van het ontstaan van het onderzoek bij Shell en Heemaf ben ik vriendelijk geholpen door J.H. Schweppe, M. Pot, J. Tuik, A. Willink, J.F. en H.A.W. Klinkhamer. Mijn oude vrienden André Abeling en Jan Guichelaar hebben voor leek gespeeld, grote delen van de tekst gelezen, en me niet van allerlei eigenzinnigheden kunnen weerhouden. Andries van Helden en Adelheid Feryn, en indirect de Nederlandse staat, ben ik dankbaar dat ze me hun appartement in Parijs ter beschikking stelden en mij zo de gelegenheid gaven de beslissende stap naar het schrijven te zetten.

Proloog. Nederlandse koppen boven het maaiveld

‘Zijn aanpak van dit moeilijke probleem is zo bekwaam en zo dapper, dat hij ongetwijfeld een duidelijk merkbare impuls zal geven aan de moleculaire wetenschap. Dit werk heeft zeker meer dan één onderzoeker gebracht tot het bestuderen van de Nederlandse taal waarin het geschreven is.’ Toen James Clerk Maxwell deze regels in 1875 in *Nature* publiceerde,¹ was hij de meest vooraanstaande natuurkundige ter wereld. Met zijn commentaar, en natuurlijk het proefschrift van Van der Waals waarop het betrekking had, begint een bijzondere periode in de Nederlandse wetenschapsgeschiedenis. Er is veel voor te zeggen als we die periode laten eindigen met het optreden van een andere wereldster. Het lukte in 1912 niet om Albert Einstein als opvolger van Lorentz in Leiden te benoemen, maar hij werd daar in 1920 wel bijzonder hoogleraar. Tot in de jaren dertig verscheen hij regelmatig om college te geven en samen te werken met figuren als Lorentz en De Sitter. De laatste heeft er met de Amsterdamse natuurkundige Zeeman in belangrijke mate toe bijgedragen dat de relativiteitstheorie in natuur- en sterrenkunde de centrale plaats kreeg die ze sindsdien behouden heeft. Met het vertrek van Einstein naar Amerika in 1933 werd ook het begin van het einde ingeluid van een bloeiperiode, zoals we in Nederland lang niet gekend hadden.

Rond 1700 eindigde de Gouden Eeuw, waar we in Nederland al honderden jaren trots op zijn. Een omvangrijke toeristenindustrie is gebaseerd op onze schilderkunst en architectuur uit die tijd. Behalve de toeristen hebben ook wetenschappelijke onderzoekers tot op heden altijd veel belangstelling gehad voor de periode 1600-1700. Die interesse is niet tanende, noch in de diepte, noch in de

breedte. De erkenning van de excellentie van *Het land van Rembrandt* (Busken Huet) gaat ook op voor *Het land van Stevin en Huygens* (Struik).² En behalve de culturele bovenbouw is ook het sociaal-economisch fundament nog steeds onderwerp van intensieve studie. Recent verscheen een belangrijke nieuwe visie.³

Als we een enkele mogelijke uitzondering, zoals Boerhaave, ter zijde laten, valt elke vergelijking van onze Gouden met onze Zilveren Eeuw, de achttiende, voor de laatste negatief uit. Wie Troost zet naast Rembrandt, Van Slingelandt en Van de Spiegel naast Van Oldenbarnevelt en De Witt, en 's Gravesande en de Van Musschenbroeks naast Stevin en Huygens, zal erkennen dat er een groot kwaliteitsverschil bestaat. De lage landen bleven welvarend, maar teerden economisch en cultureel in. Sinds het tweede kwart van de negentiende eeuw, toen Potgieter in *Het Rijksmuseum te Amsterdam* en later De Stuers in *Holland op zijn smalst*, voor het eerst in brede kring de aandacht vestigden op bloei en verval in de Nederlandse cultuur tussen 1600 en 1850, is er veel over dit onderwerp geschreven, de laatste decennia vaak ook door buitenlanders, zoals door Simon Schama en Jonathan Israel.

Terwijl de namen van achttiende- en vroegnegentiende-eeuwers weinig triomfantelijke gevoelens weten op te roepen, lijkt dat anders te zijn met de schilders, architecten en wetenschappers die rond 1900 actief waren. In de wetenschap zijn de namen van onze eerste Nobelprijswinnaars nog steeds bekend - Van 't Hoff, Lorentz, Zeeman, Van der Waals, Kamerlingh Onnes. Recent is er daarnaast 'opeens' veel aandacht voor tijdgenoten als Korteweg en Dubois. Voor de schilderkunst en de architectuur is de belangstelling nog groter. Natuurlijk moet de wetenschap het, waar het tijdloosheid betreft, afleggen tegen de kunst, en ook in kunstzinnig opzicht is de periode na 1870 een bijzondere geweest. Van onze vier beroemdste schilders leefden Rembrandt en Vermeer in de zeventiende eeuw, en Van Gogh en Mondriaan rond 1900. Het land van Rembrandt, Vermeer, de grachtengordels, de buitenhuizen en het Paleis op de Dam werd tweehonderd jaar later ook het land van de Haagse School, Van Gogh, Mondriaan, Berlage, de Stijlgroep en de vele andere groepjes en figuren van belang.

Daarom spreek ik graag van de ‘Tweede Gouden Eeuw’.⁴ Die had, evenals de eerste, vooral betrekking op schilderkunst, bouwkunst en wetenschap. Ik zal geen discussies aangaan met de (schaarse) verdedigers van het internationale belang - want daar gaat het bij Gouden Eeuwen om - van Nederlandse schrijvers en componisten. Hoewel niemand om Multatuli heen kan, lijkt pas in onze tijd sprake van brede internationale interesse voor de Nederlandse letterkunde - men denke aan Nooteboom en Mulisch in Duitsland (de laatste ook in Amerika) of Brouwers in Frankrijk. Ook de Nederlandse muziek was rond 1900 vooral een nationaal fenomeen, als we Mengelberg en zijn orkest buiten beschouwing laten. Julius Röntgen was bevriend met Grieg en Brahms (die ook vriendschappelijk contact had met de Utrechtse hoogleraar Engelmann), maar zijn composities zijn op een enkele uitzondering na epigonenwerk. Diepenbroek was bevriend met Mahler, maar zijn oeuvre is, hoewel belangrijker dan dat van Röntgen, niet te vergelijken met dat van Mengelbergs idool.

Behalve de bloei van schilderkunst, bouwkunst en wetenschap lijkt er ook na 1900 eveneens een opvallende toename van de internationale economische en politieke macht van Nederland te hebben plaatsgevonden. De opkomst en consolidatie van Shell, Philips en Unilever zou gezet kunnen worden tegenover de Oost- en West-Indische Compagnieën. Iets verder gezocht, maar zeker interessant, is het om het Europese optreden van stadhouder-koning Willem III te vergelijken met de Haagse vredesconferenties, waarmee de Nobelprijs van Tobias Asser verband hield, en de komst van het Internationale Hof van Justitie. Na Willem III's dood in 1702 kon Heinsius nog enige tijd invloed uitoefenen in Europa, maar daarna was het afgelopen met de internationale rol van de Republiek. Na de Tweede Wereldoorlog had ons land nog een flinke internationale invloed, blijkend uit de clustering van benoemingen van hoge Nederlandse functionarissen bij internationale organisaties: Van Kleffens, Stikker, Van Lennep, Witteveen, Boerma en Luns. Kan uit de Nederlandse deconfitures bij het naar voren schuiven van Ruding, Lubbers en Braks eenzelfde verval als na 1700 worden afgeleid? Natuurlijk was Nederland in 1650 een echte

wereldmacht en dat is na 1870 nooit het geval geweest.

‘Gouden Eeuw’ is een historische term met een sterk cultuurhistorische nadruk. De Gouden Eeuw van de Atheense stadsstaat is weliswaar ‘de Eeuw van Pericles’ en die van Florence het tijdperk van Lorenzo il Magnifico, maar we meten het belang ervan vooral af aan de grote creatieve figuren uit het tijdperk, aan Plato, Aristoteles en Sophocles, of Leonardo, Michelangelo en Rafaël. Dat ontkracht ook de tegenwerping dat een periode geen Gouden Eeuw is, als er oorlogen hebben gewoed of als er armoede werd geleden. De Tweede Gouden Eeuw heeft een economische depressie en een wereldoorlog gekend (Nederland had geluk in 1914-1918). Gedurende de Eerste Gouden Eeuw was het echter ook vrijwel continu oorlog, waarbij het grootste gevaar kwam van achtereenvolgens Spanje, Engeland en Frankrijk. In 1672 hield de Republiek zelfs bijna op te bestaan. Dat deed niets af aan het belang van Huygens en Rembrandt.

Ik beperk de term ‘Tweede Gouden Eeuw’ in dit boek tot de bloei van de exacte wetenschappen, dat wil zeggen wiskunde en natuurwetenschappen. Opkomst, bloei en verval van die wetenschappen vormen een complex onderwerp, dat een aparte behandeling verdient, waarin een zwaartepunt ligt bij de politieke en sociale achtergronden. Veel boeken over de Eerste Gouden Eeuw doen weinig anders dan beschrijven. Het hoe en waarom van de bloei blijft dan mysterieus - wat soms ook de bedoeling lijkt. Er is echter niets geheimzinnigs aan de factoren die de Nederlandse wetenschap na 1860 in relatief korte tijd op hoog internationaal niveau brachten. Onze bètawetenschappers waren rond 1900 in veel opzichten even belangrijk als die in de grootste buurlanden. Men kan zelfs volhouden dat ze toonaangevender waren dan die in de zeventiende eeuw.

Hoogtepunten uit andere cultuurgebieden komen slechts indirect ter sprake. Het was mogelijk geweest te speculeren over de invloed van Van Goghs hbs-tijd op diens werk of over de invloed van de ideeën van de wiskundige Brouwer op Mondriaan, maar het leek zinvoller om alle aandacht te schenken aan de bloei van de wetenschap en de onderliggende sociale en historische factoren.

Wel ga ik in op de invloed die de bloei had op andere gebieden, zoals het optreden van kunstzinnige broers en zusters, en zijn er de portretten van onderzoekers van de hand van belangrijke schilders als Jan Veth en Jan Sluyters. De wetenschappelijke ontwikkelingen hadden natuurlijk vooral invloed op dichters bij de bètawetenschap liggende gebieden, zoals economie, filosofie, technologie en industriële innovatie. Bloei was zeker meer dan bètabloei.

Telkens als er een oude coryfee overlijdt - Nico of Jan Tinbergen - stellen de kranten de vraag: waren er vroeger meer genieën? En: hoe kwam dat dan? Die vragen worden ook gesteld als er ondanks alles nog een nieuwe ster lijkt te verschijnen. De Nobelprijs van Paul Crutzen was in 1995 aanleiding tot iets dergelijks. In 1996 werden er in Nederland voor het eerst sinds lange tijd minder dan duizend koninklijke onderscheidingen verleend op de dag van de lintjesregen. De overheid wilde af van alle automatische ridders-professoren en ambtenaren-officieren die bij die gelegenheid jaarlijks met zo'n drieduizend aan een quasi-adel werden toegevoegd. Er was slechts één hoogste onderscheiding. Het zeer zeldzame Commandeurschap van Oranje Nassau werd verleend aan Crutzen. Dat laat zien dat er nog steeds grote waardering is voor een erkenning van wetenschappelijk wereldniveau. Ondanks alle Nederlandse zelfkastijding zijn er nog koppen boven het maaiveld die niet worden afgehakt. Er zal echter naar voren komen dat het in een recent verleden nog veel beter ging. Daarom is het ook interessant om in te gaan op de oorzaken van het verval en de mogelijke realisatie van een revival.

Sinds de nadagen van de besproken periode is al vrij veel gepubliceerd over personen en deelaspecten, of is de periode zelf behandeld als deel van een groter geheel.⁵ Nu een volgend fin de siècle nadert, lijkt de tijd gekomen om op basis van die literatuur, waar recent belangrijke werken aan zijn toegevoegd, een nieuwe synthese te presenteren. Deels gebeurt dat hier in een ander perspectief dan bij wetenschapshistorici gebruikelijk is, namelijk de sociale omgeving van de toponderzoeker. Men kan geen grote prestaties leveren zonder veel talent, maar om een bloeiperiode beter te begrijpen moet vooral gekeken worden naar de omge-

vingsfactoren die van talenten toponderzoekers konden maken.

Ik hoop vurig dat er ook jonge onderzoekers van diverse pluimage zijn die deze bladzijden lezen. Ze zouden inspiratie kunnen opdoen uit de prestaties die honderd jaar geleden werden geleverd onder soms onwaarschijnlijk ongunstige privé-omstandigheden. Het zou ook mooi zijn als er zich wetenschapshistorici in de dop onder mijn publiek zouden bevinden. Veel van de schriftelijke nalatenschappen van onze grootste wetenschappers - evenals die van sommige groten van de geesteswetenschappen als Heymans - liggen te verstoffen, tot een verbijsterde Amerikaan hoestend zijn archiefonderzoek begint. Instellingen met belangrijk materiaal, zoals het Rijksmuseum Boerhaave en het Rijksarchief in Haarlem, worden weinig door wetenschapshistorici bezocht. En als er al iemand op bezoek komt, zal dat dan ooit nog een onderzoeker zijn van het gehalte van een Dijksterhuis?⁶

Eindnoten:

- 1 James Clerk Maxwell, 'On the Dynamic Evidence of the Molecular Constitution of Bodies', *Nature*, March 4 1875, part 1, p. 357-359, part 2, p. 374-377. Het citaat staat op p. 359 en luidt in het Engels: 'His attack on this difficult question is so able and so brave, that it cannot fail to give a notable impulse to molecular science. It has certainly directed the attention of more than one inquirer to the study of the Low-Dutch language in which it is written.' Low-Dutch is niet goed vertaalbaar, maar het ging natuurlijk om het vreemde koeterwaals, waarin het proefschrift geschreven was.
- 2 Conrad Busken Huet, *Het land van Rembrandt*, 1ste druk 1882-1884, laatste editie: Amsterdam: Agon, 1987, 991 p.; D.J. Struik, *Het land van Stevin en Huygens*, 1ste druk 1958, laatste editie: *The Land of Stevin and Huygens*, Dordrecht: Reidel, 1981, 162 p.
- 3 Jan de Vries en Ad van der Woude, *Nederland 1500-1815. De eerste ronde van economische groei*, Amsterdam: Balans, 1995, 894 p.
- 4 In 1975 gebruikte ikzelf de term voor het eerst (in de 'Inleiding' bij de heruitgave van Frederik van Eedens *Redekunstige grondslag van verstandhouding*, Utrecht: Het Spectrum, Aula 545 p.). Daarna was een van mijn artikelen uit 1980 expliciet aan het onderwerp gewijd: 'Een inleiding tot de Tweede Gouden Eeuw. De wetten van 1863 en 1876 en de wedergeboorte van de Nederlandse natuurwetenschap', *Hollands Maandblad*, jrg. 22, p. 3-9. Ik ben geen eerder gebruik van de term tegengekomen, wel verwijzingen naar mijn laatstgenoemde artikel.
- 5 De eerste historische publicaties die, slechts summier, ingingen op de bloei rond 1900 waren de biografische bundels en monografieën uit de periode van de Nederlandse wederopbouw na de Duitse inval, zoals *The Contribution of Holland to the Sciences*, red. A.J. Barnouw en B. Landheer, New York: Querido, 1943, 373 p.; *Nederlandsche helden van de wetenschap. Levensschetsen van negen Nobelprijswinnaars*, red. T.P. Sevensma, Amsterdam: Kosmos, 1946, 351 p.; G.C. Gerrits, *Grote Nederlanders bij de opbouw der natuurwetenschappen*, Leiden: E.J. Brill, 1948, 518 p. Hierna werd het een tijd stiller. Rond 1980 kwam nieuw onderzoek op gang, dat leidde tot publicaties als het eveneens biografische *Van Stevin tot Lorentz. Portretten van Nederlandse natuurwetenschappers*, red. A.J. Kox en M. Chamalaun, Amsterdam: Intermediair, 1980, 238 p. (herdrukt in 1990, Amsterdam: Bert Bakker, 265 p.); L. Beek, *Pioniers der natuurwetenschappen van Mercator tot Zernike*, Assen: Van Gorcum, 1983, 188 p. en *Negen Nederlandse Nobelprijswinnaars*, Leiden: Museum Boerhaave, 1988, 32 p. Ook hierin werd niet expliciet ingegaan op kenmerken en oorzaken van de bloei. Dat gebeurde pas in mijn artikel uit 1980 en in K. van Berkel, *In het voetspoor van Stevin*, Meppel: Boom, 1984, 244 p. Daarin ging het om zeer beknopte analyses van wetgeving en professionalisering (Van Berkels boek bevat echter ook veel biografische informatie). In universitaire herdenkingsbundels uit de jaren tachtig en negentig over Leiden, Groningen en Amsterdam zijn bepaalde lokale details

uitgewerkt: *Een universiteit herleeft. Wetenschapsbeoefening aan de Leidse universiteit vanaf de tweede helft van de negentiende eeuw*, red. W. Otterspeer, Leiden: Brill, 1984, 139 p.; *Om niet aan onwetendheid en barbarij te bezwijken. Groningse geleerden 1614-1989*, red. G.A. van Gemert, J. Schuller tot Peursum-Meijer, A.J. Vanderjagt, Hilversum/Amsterdam: Verloren, 1989, 287 p.; *Een brandpunt van geleerdheid in de hoofdstad*, red. J.C.H. Blom e.a., Hilversum/Amsterdam: Verloren, 1992, 345 p. Hetzelfde geldt voor disciplinaire details in historische overzichten van vakgebieden, zoals J.P. Kuenen, *Het aandeel van Nederland in de ontwikkeling der natuurkunde gedurende de laatste 150 jaren*, Rotterdam: Bataafsch genootschap der proefondervindelijke wijsbegeerte, 1919, 341 p.; G.A. Lindeboom, *Geschiedenis der medische wetenschap in Nederland*, Bussum: Fibula-Van Dishoeck, 1972, 198 p. en H.A.M. Snelders, *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland. Van alchemie tot chemie en chemische industrie rond 1900*, Delft: Delftse Universitaire Pers, 1993, 211 p. Ook M. Dresdens biografie, *H.A. Kramers: between Tradition and Revolution*, New York: Springer, 1987, 563 p. en de autobiografie van H.B.G. Casimir, *Het toeval van de werkelijkheid. Een halve eeuw natuurkunde*, Amsterdam: Meulenhoff, 1ste druk 1983, 5de druk 1992, 415 p. hebben nieuwe feiten en ideeën aangedragen.

Er zijn vier historische werken over onderwijs- en wetenschapspolitiek verschenen die van belang zijn voor de problematiek van de Nederlandse bètabloei rond 1900: Frits Henry Brookman, *The Making of a Science Policy. A Historical Study of the Institutional and Conceptual Background to Dutch Science Policy in a West-European Perspective*, proefschrift Vrije Universiteit Amsterdam, 1979, 511 p.; M. Groen, *Het wetenschappelijk onderwijs in Nederland van 1815 tot 1980. Een onderwijskundig overzicht*, 3 delen, Eindhoven: Technische Universiteit, 1987-1989, 397, 431 en 262 p.; Joseph C.M. Wachelder, *Universiteit tussen vorming en opleiding: de modernisering van de Nederlandse universiteiten in de negentiende eeuw*, Hilversum: Verloren, 1992, 312 p. en G. Jensma en H. de Vries, *Veranderingen in het hoger onderwijs in Nederland tussen 1815 en 1940*, Hilversum: Verloren, 1997, 396 p. Met het Luhmanniaanse perspectief van Wachelder heb ik weinig affiniteit. Ik kon geen aanknopingspunten vinden voor een discussie over bloei. Dat was wel een beetje het geval bij de dissertatie van Brookman. Dat nu bijna vergeten boek bevat veel informatie over het naoorlogse wetenschapsbeleid (en aardige foto's van twintig beleidsmakers op p. 380-384). Zeer relevant was deel 2 van het overzichtswerk van Groen, waarin de wis- en natuurkundefaculteiten worden behandeld en waarnaar ik dan ook elders verwijs. Het recent verschenen boek van Jensma en De Vries was belangrijk genoeg om er op de valreep expliciet aandacht aan te besteden. De voor toekomstig onderzoek zeker bruikbare database van hoogleraren kon slechts zijdelings worden benut. Ik heb vooral de conclusies over de studentengegevens op relevantie voor mijn betoog gecontroleerd. De gedachtegang bleek alleen een beetje aangepast te moeten worden waar het de aantallen promoties betrof. Het in mijn *Hollands Maandblad* -artikel en proefschrift reeds besproken belang van de sprong in het aantal hoogleraren rond 1876 en de daarna dalende studentenaantallen wordt ook door Jensma en De Vries benadrukt. Op p. 39 word ik zelfs genoemd, maar helaas niet op p. 17, waar de Nobelprijzen en de bloei in de natuurwetenschappen aangestipt worden.

In mijn proefschrift uit 1988, *Burgerlijk sciëntisme en wetenschappelijk toponderzoek. Sociale grondslagen van nationale bloeiperioden in de 19-de eeuwse bètawetenschappen*, Universiteit van Amsterdam, 632 p. en het artikel 'Origins of the Second Golden Age of Dutch Science after 1860: Intended and Unintended Consequences of Educational Reform', *Social Studies of Science*, jrg. 21, 1991, p. 503-526 heb ik het in noot 4 vermelde artikel uit 1980 verder uitgewerkt.

Ten slotte zijn er recent enige andere voor de analyse van de bètabloei belangrijke werken verschenen, zoals het korte en (nog) niet gepubliceerde, maar zeker informatieve overzicht dat dr. ir. A.J.Q. Alkemade maakte voor het NWO-prioriteitsprogramma 'De Nederlandse cultuur in Europese context' (zie ook noot 127), *De natuurwetenschappen in Nederland rond 1900*, 1995, 19 p., en twee zeer informatieve boeken: het proefschrift van H.G. Heijmans, *Wetenschap tussen universiteit en industrie. De experimentele natuurkunde in Utrecht onder W.H. Julius en L.S. Ornstein 1896-1940*, Rotterdam: Erasmus Publishing, 1994, 241 p. en de biografie *Van der Waals and Molecular Science*, van A. Ya. Kipnis, B.E. Yavelov en J.S. Rowlinson, Oxford: Clarendon Press, 1996, 313 p.

- 6 Recent verscheen een grote biografie over Dijksterhuis van de hand van Klaas van Berkel, *Dijksterhuis. Een biografie*, Amsterdam: Bert Bakker, 1996, 639 p.

I De wedergeboorte van de Nederlandse natuurwetenschap

1 De bloei van de Nederlandse natuurwetenschap

Vergelijkingen tussen perioden op basis van culturele kwaliteit zijn vaak vaag. Reeksen namen worden genoemd, maar maatstaven om kwalitatieve rangordes te bepalen ontbreken. Toch kan soms cijfermateriaal gevonden worden dat verrassend scherpe conclusies mogelijk maakt. Veel beter dan een diachronische vergelijking - bijvoorbeeld tussen Nederland in de negentiende eeuw en de Zeven Provinciën in de zeventiende eeuw - kan een synchronische vergelijking, met andere landen in dezelfde periode, een indruk geven van de positie van ons land op bepaalde gebieden. Dit geldt ook voor misschien het belangrijkste gebied van bloei tijdens de Tweede Gouden Eeuw, namelijk de natuurwetenschap van Van der Waals en de onderzoekers die na hem kwamen.

Sinds de nabloei van de achttiende eeuw en het optreden rond 1800 van betrekkelijk geïsoleerde natuurvorsers als Van Swinden en Van Marum, was er in de Nederlandse natuurwetenschap wel wat gepresteerd. Harde werkers als Mulder, Buys Ballot, Donders en de naar het buitenland vertrokken Moleschott genoten enige internationale bekendheid. Vooral theoretisch waren ze echter niet van het 'Duitse' kaliber van een Gauss, Liebig of Helmholtz.

De ontwikkeling daarna is in grote lijnen langzamerhand algemeen bekend. Tussen de jaren zeventig en negentig van de vorige eeuw treedt er een metamorfose op. De Nederlandse natuurwetenschap wordt vergeleken met haar medestrevende duidelijk belangrijker. Terwijl Frankrijk en Engeland, de grote concurrenten van Duitsland, na 1870 niet in staat bleken om met dat land gelijke tred te houden,¹ heeft het kleine Nederland in dezelfde periode een grote stap vooruit gedaan. Weliswaar was het relatief gemakke-

tabel 1 Nobelprijzen in de natuurwetenschappen per miljoen inwoners

	Nederland	VS	Zwitserland	Frankrijk	Duitsland
1901-1910	0,727	0,011	0,278	0,153	0,198
1911-1920	0,156	0,018	0,513	0,101	0,113
en later bijv.:					
1941-1950	-	0,092	0,667	-	0,091

(bron: *Science Indicators 1976*, Washington DC, NSF, 1977, p. 196.)

lijker om vanaf een laag niveau omhoog te komen, maar ons land deed meer. Het wist een internationale positie te bereiken die belangrijker was dan die van enig ander klein land in Europa, uitgezonderd misschien Zwitserland. Om deze bewering te staven kan als eerste feit de verdeling van de Nobelprijzen na 1900 opgevoerd worden. In het eerste decennium na de instelling van deze prijzen had Nederland met vier prijzen internationaal gezien waarschijnlijk de hoogste score per hoofd van de bevolking uit de geschiedenis. Daarna zakte het land terug naar gemiddelde scores en dat bleef zo in de eerstvolgende decennia.

Dit is historisch interessant, maar in de wetenschappelijke wereld is het belang van een land niet in de eerste plaats gerelateerd aan het aantal inwoners. Niemand is geïnteresseerd in die ene toponderzoeker die Luxemburg of IJsland een topositie kan of had kunnen bezorgen. De vijf Nobelprijzen in de periode 1901-1913 toonden echter ondubbelzinnig aan dat Nederland rond 1900 bij de wereldtop behoorde. Om het ontstaan van de bloeiperiode en de verdere ontwikkeling ervan preciezer te omlijnen, kunnen andere middelen gebruikt worden. Zoals elders uitvoeriger is toegelicht,² lenen twee naslagwerken zich goed om het aandeel van Nederland in de wetenschap in de negentiende eeuw te berekenen. De resultaten kunnen in een tabel worden samengevat:

tabel 2 De groei van het Nederlandse aandeel in de negentiende-eeuwse wetenschap

	actieve Poggendorff- onderzoekers	aandeel Nederland	nieuwe Poggendorff- onderzoekers	aandeel Nederland
1790-1799	102	3 (2,9 %)	32	-
1800-1809	128	2 (1,6 %)	41	-
1810-1819	167	3 (1,8 %)	61	1 (1,6 %)
1820-1829	243	4 (1,6 %)	99	2 (2,0 %)
1830-1839	375	7 (1,9 %)	175	4 (2,3 %)
1840-1849	575	11 (1,9 %)	232	5 (2,2 %)
1850-1859	812	16 (2,0 %)	286	5 (1,7 %)
1860-1869	1124	23 (2,0 %)	384	7 (1,8 %)
1870-1879	1482	30 (2,0 %)	510	9 (1,8 %)
1880-1889	1928	54 (2,8 %)	687	22 (3,2 %)
1890-1899	2512	68 (2,7 %)	878	22 (2,5 %)
	actieve <i>Dictionary of Scientific Biography</i>- onderzoekers	aandeel Nederland	nieuwe DSB- onderzoekers	aandeel Nederland
1790-1799	350	4 (1,1%)	89	-
1800-1809	411	5 (1,2 %)	133	-
1810-1819	447	5 (1,1 %)	122	1 (0,8 %)
1820-1829	505	5 (1,0 %)	153	1 (0,7 %)
1830-1839	579	5 (0,9 %)	191	3 (1,6 %)
1840-1849	678	8 (1,2 %)	192	3 (1,6 %)
1850-1859	747	10 (1,3 %)	200	2 (1,0 %)
1860-1869	839	12 (1,4 %)	235	3 (1,3 %)
1870-1879	940	13 (1,4 %)	286	4 (1,4 %)
1880-1889	1093	23 (2,1 %)	341	9 (2,6 %)
1890-1899	1258	28 (2,2 %)	358	10 (2,8 %)

(bron: B. Willink, 'Origins of the Second Golden Age of Dutch Science after 1860: Intended and Unintended Consequences of Educational Reform', *Social Studies of Science*, jrg. 21, 1991, p. 506.)

Bij de ‘Poggendorff-onderzoekers’ gaat het om zeer productieve³ wetenschappers die in de betreffende negentiende- en twintigste eeuwse Duitse bibliografie voorkomen, bij de ‘DSB-onderzoekers’ gaat het om historisch belangrijke wetenschappers, van wie een biografie in het laat twintigste-eeuwse Amerikaanse naslagwerk *Dictionary of Scientific Biography* is opgenomen. In de DSB staan bovendien ook medici en biologen. Beide, nogal verschillende naslagwerken laten zien dat het aantal werkzame toponderzoekers de hele eeuw door wereldwijd continu is gegroeid en dat die continue

groei op een enkele uitzondering na ook plaatsvond bij het totaal aantal onderzoekers op de wereld dat in een bepaald decennium voor het eerst op het toneel van de exacte wetenschap verscheen.

Dat betekent dat groei in absolute aantallen op zichzelf helemaal geen criterium voor bloei is. Relatieve groei ten opzichte van andere landen is dat wel. Het gaat in de gepresenteerde cijfers immers om vrijwel onbetwiste kwaliteitsmaten als Nobelprijzen, grote productiviteit en historisch belang. Tegenwoordig staan ons nog andere maten voor kwaliteit en bloei ter beschikking. Vooral de citatienaslagwerken zijn beroemd en berucht geworden. Daar ga ik hier niet op in. In ieder geval kunnen er voor de negentiende eeuwse wetenschap geen citatiescores of impactfactoren berekend worden.

Uit tabel 2 blijkt dat het eerst lage Nederlandse aandeel in de aantallen belangrijke onderzoekers, op een hoger niveau kwam na 1860, en vooral na 1880. Maar niet alleen het Nederlandse aandeel nam toe, onze toponderzoekers werden ook productiever. Als we de omvang van de bibliografieën van de in Poggendorff opgenomen zeer productieve onderzoekers als maat nemen, ontstaat het volgende beeld.

Alles bij elkaar ontstaat het beeld van een nationale bloeiperiode

tabel 3 gemiddelde omvang (in kolommen) van de bibliografie per zeer productieve onderzoeker in poggendorff

	hele wereld	Nederland
1850-1859	2,06	2,00
1860-1869	2,08	2,18
1870-1879	2,25	2,22
1880-1889	2,40	2,79
1890-1899	2,67	3,75

(bron: zie tabel 2.)

vanaf circa 1880. Dat Nederland snel belangrijker was geworden, moet voor velen in binnen-en buitenland duidelijk waarneembaar zijn geweest. Zo betitelde de Duitse natuurkundige Woldemar Voigt ons land als ‘Grossmacht im Gebiete der Physik’ toen Kamerlingh Onnes in 1913 de Nobelprijs kreeg. Zo'n duidelijk fenomeen moet vanzelf leiden tot een duidelijke vraag: hoe, of zelfs waarom, kon die bloei ontstaan?

Eindnoten:

- 1 Zie mijn artikel ‘On the Structure of a Scientific Golden Age. Social Change, University Investments and Germany's Discontinuous Rise to 19th Century Scientific Hegemony’, *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte*, jrg. 19, 1996, p. 35-49.
- 2 Zie Willink (1991 en 1996), o.c. (noot 5 bij de proloog en noot 1 bij dit hoofdstuk). In het eerste artikel staan argumenten om geen gebruik te maken van sommige andere naslagwerken.
- 3 Zie voor definities Willink (1991).

2 Bedoelde en onbedoelde gevolgen van onderwijs hervormingen: De wet op het middelbaar onderwijs van 1863¹

De take-off

De bloei van de Nederlandse natuurwetenschap komt niet alleen tot uitdrukking in de gegeven cijfers. Zoals de Eerste Gouden Eeuw werd gepersonifieerd in schilders als Rembrandt en Vermeer, en wetenschappelijk in onderzoekers als Stevin en Huygens, zo werd ook de bloeiperiode na 1870 belichaamd in zeer belangrijke kunstenaars en onderzoekers. De hoofdstukken 4 en 5 bevatten biografieën van een twintigtal internationale wetenschappelijke pioniers. Het inzicht in de onderzoekerscarrière van Van der Waals, De Vries, Van 't Hoff en hun tijdgenoten en opvolgers kan worden verdiept door een historische analyse van de voorgeschiedenis van de bloeiperiode. De biografische schetsen worden pas echt begrijpelijk tegen de achtergrond van de sociale en onderwijspolitieke ontwikkelingen die in Nederland in de decennia voor en na 1870 plaatsvonden. De beide volgende hoofdstukken gaan over deze onderwerpen. Lezers die vooral zijn geïnteresseerd in biografische details kunnen natuurlijk eerst deel 2 lezen en daarna terugkeren naar de verklarende beginhoofdstukken.

Rond 1850 kende Nederland een statische sociale structuur. Er was een deftige stand (vier tot zeven procent van de bevolking), een middenstand (25 tot 35 procent), terwijl ruim de helft van de Nederlandse bevolking werd gevormd door lagere standen. Sociale mobiliteit tussen deze groepen kwam nauwelijks voor. Er vond

eigenlijk alleen opvulling plaats van opengevallen posities binnen een stand.²

De economie stagneerde. Na 1850 kwam daar langzaam een einde aan. Tegen 1870 begon de groei van handel en nijverheid te versnellen. Vooral voor de middengroepen kwamen er meer kansen op sociale stijging, omdat er nieuwe arbeidsplaatsen waren te bezetten in het expanderende bedrijfsleven, met name de handelssector, en in de overheidsdiensten. Zo'n nieuwe baan kreeg men in het algemeen alleen na voldoende scholing.³

De groei van de economie kwam tot uitdrukking in een stijging van de waarde van het binnenlands product van 703 miljoen gulden in 1850 tot 1.119 miljoen in 1880, en van de totale belastingopbrengst van 64,4 miljoen tot 111,1 miljoen in dezelfde periode, bij afwezigheid van inflatie en een bevolkingstoename van drie tot vier miljoen.⁴ Hoewel er per hoofd van de bevolking nog niet zoveel veranderde, werd de top breder. Tussen 1850 en 1887 gold de kieswet uit het eerstgenoemde jaar. Het hierin neergelegde censusskiessysteem stelde eisen aan de kiezer, want om te mogen stemmen moest hij bepaalde minima aan belasting betalen. Door de in brede lagen stijgende welvaart nam het aantal kiezers toe van 83.561 in 1853 tot 122.481 in 1880. In 1887 en 1896 werd het kiezerskorps telkens door wetswijzigingen ongeveer verdubbeld.⁵

In de jaren na de invoering van de grondwet van 1848 was er wel veel wetgevende activiteit, maar vooral op bestuurlijk gebied van de staat, provincies en gemeenten. Het onderwijs bleef zoals het was sinds het einde van de Franse tijd. Dit was de architect van de grondwet, Thorbecke, een doorn in het oog. Bij het aantreden van zijn tweede kabinet in 1862 ontwierp hij - de premier was tevens minister van Binnenlandse Zaken en daarmee verantwoordelijk voor het onderwijs - een nieuwe wet om het rommelige veld van lagere en middelbare scholen opnieuw te verkavelen. Thorbecke hing net als Gladstone in Engeland een merkwaardig mengsel van ouderwetse en moderne ideeën aan. Zij waren politici die hun tijd beheersten en waren mede daardoor in staat hun land grondig te veranderen. Ze konde zeer verschillende machstgroeperingen verenigen achter hun voorstellen tot verandering. Johan Rudolf

Thorbecke (1798-1872) was een jurist die door studie in Duitsland goed thuis was geraakt in de Humboldtiaanse visie op geschiedenis en onderwijs. Deze architect van het nieuwe Duitse hoger onderwijs, Wilhelm von Humboldt (1767-1835), zette zich af tegen het Franse systeem van de prioriteit van de praktijkgerichte wetenschap op de Grandes Ecoles. Er moesten nieuwe Duitse universiteiten komen, te beginnen met die van Berlijn (1809), waarin wetenschappelijk onderzoek vrij was van gedachten aan toepassingen en verbonden met onderwijs, dat een grote rol toekende aan zelfwerkzaamheid. Het gymnasium, met veel aandacht voor klassieke talen, was de voorbereiding op de universiteit.

Thorbecke bracht dit gedachtegoed over naar Nederland, maar zag intussen ook dat handel en industrie baat hadden bij beter opgeleide krachten. Zo kwam hij tot voorstellen voor nieuw middelbaar onderwijs dat praktisch bruikbaar moest zijn, maar dat losstond van onderwijs voor de geleerde stand, gymnasium en



Thorbecke in 1866

universiteit. Hij hield dus principieel vast aan het idee van een standenmaatschappij, terwijl door zijn nieuwe wet in feite de bijl aan de wortels van die maatschappij gelegd werd.⁶

De HBS

In de in 1863 aangenomen wet werd als middelbaar onderwijs beschouwd: een reeks burgerscholen, met als meest geavanceerde vormen de vijfjarige Hogere Burgerschool en in het verlengde de nieuwe Polytechnische School in Delft. Daarnaast, en niet in deze wet besproken, was er het Hoger Onderwijs: gymnasium en universiteit. De hedendaagse lezer wrijft zich de ogen uit. In de wet werden middelbaar en hoger onderwijs dus niet gescheiden naar leeftijdsgroepen, maar in feite naar sociale laag. Voor de burgerij waren er na het twaalfde jaar andere leerpaden dan voor de ‘geleerde’ stand.

In de debatten rond de wet werd dit in de Tweede Kamer van die tijd niet direct als kritiek naar voren gebracht. Men stelde wel dat het gymnasium slechts voorbereidde op de universiteit en dus eigenlijk ook middelbaar onderwijs was. Thorbecke verzette zich daartegen. Het wezenlijke verschil tussen middelbaar en hoger onderwijs bestond volgens hem hierin dat hoger onderwijs opleidde tot zelfstandige wetenschapsbeoefening: ‘De hogere burgerschool heeft voor de toekomstige bedrijvige maatschappij, het gymnasium voor de kennis der oude, grieksche en romeinsche, ontwikkeling, als voorbereiding tot hogere studie van wetenschap te vormen.’⁷ De genieofficier Storm van 's Gravesande merkte in het kamerdebat vergeefs op dat veel studenten naar de universiteit gingen om een titel te halen en dat de Polytechnische School wel degelijk bij het hoger onderwijs thuishoorde.⁸ De meerderheid van de Kamer keurde de wet goed, zeker ook omdat er zo in ieder geval iets verbeterde.

Het onderwijs werd steeds belangrijker om een geschikte positie in de uitdijende economie te bemachtigen. Dat kan men uit de historische gegevens gemakkelijk afleiden. Tussen 1857 en 1870

was er in Amsterdam al een verschuiving in samenstelling van het lager en middelbaar onderwijs. De middengroepen stuurden hun kinderen in toenemende mate naar de lagere en middelbare school. Na 1870 zette die tendens zich in versterkte mate voort. In heel Nederland steeg het aantal middelbare scholieren per duizend kinderen van elf tot veertien jaar van 8,3 in 1870 tot 10,8 in 1880 en 11,6 in 1890. In Duitsland was dat in het laatstgenoemde jaar 12,6 (waarvan 8,7 gymnasiast),⁹ maar de grote achterstand was bijna ingelopen. Wel waren er duidelijke regionale verschillen. In Noord-Brabant was er in eerste instantie weinig animo voor de hbs, een nieuwerwets dictaat dat afkomstig was uit het religieus foute Holland.¹⁰

De verhoging van de scholingsgraad weerspiegelde zich in een toename van het kennisniveau in het arbeidsproces. In 1880 deed minder dan één procent van de vaders van middelbare scholieren in Rotterdam (de tweede stad van het land) administratief werk in een bedrijf. Van hun zonen kreeg zestien procent zo'n baan. In 1920 waren deze cijfers elf respectievelijk 34 procent. Voor alle banen in de tertiaire sector waren deze cijfers in 1880 25 respectievelijk 41 procent, en in 1920 64 respectievelijk 65 procent.¹¹

De verbetering van lager en middelbaar onderwijs was op zichzelf genomen een duidelijk maatschappelijk succes. Hoe stond het met de relatie tot het hoger onderwijs? We hebben gezien dat volgens Thorbecke het gymnasium de juiste voorbereiding op de universiteit was en de hbs moest dienen om kinderen uit de middengroepen aan een nuttig beroep te helpen. Al heel snel werd duidelijk dat de verhoudingen althans voor de bètawetenschappen wat anders lagen. Terwijl het gymnasium in de eerste decennia van de bloeiperiode in de menswetenschappen grote onderzoekers, zoals Huizinga, heeft voortgebracht, heeft maar één bètawetenschapper van grote faam het gymnasiumdiploma behaald: de bioloog Hugo de Vries. De exacte wetenschappen zijn hier te lande beslissend beïnvloed door de hbs. Die school oversteeg haar enge beroepsgerichte functie al gauw. De docenten in de exacte vakken hadden deze snel met aanstekelijk enthousiasme uitgebouwd. Hun interesse was niet echt gericht op industriële behoeften, maar

op de overal in Europa optredende theoretische en experimentele doorbraken in de natuurwetenschappen. De ondernemers profiteerden uiteindelijk ook, maar minder direct dan veel politici rond 1860 voor ogen zal hebben gestaan.

Tot de splitsing van de hbs-opleiding in een A- en B-afdeling, die pas in 1921 plaatsvond, was het curriculum vooral in de hogere klassen te beschouwen als bètaopleiding. De exacte vakken waren ruim vertegenwoordigd. Het befaamde gymnasium waar Duitsland vijftig jaar eerder zijn sterke wetenschappelijke opkomst mede aan te danken had en dat bijna alle Duitse talent opslopte, had een duidelijk sterkere nadruk op de alfavakken dan de Nederlandse vijfjarige hbs. En ook in andere landen kwam het meeste bètatalent op een relatief sterker alfagerichte opleiding terecht. In een hbs-rooster uit 1867 maakten de bètavakken in de hoogste klassen bijna de helft van de lessen uit.

Nog belangrijker dan het curriculum was het feit dat veel van de docenten die op de nieuwe scholen werden aangesteld, van op-

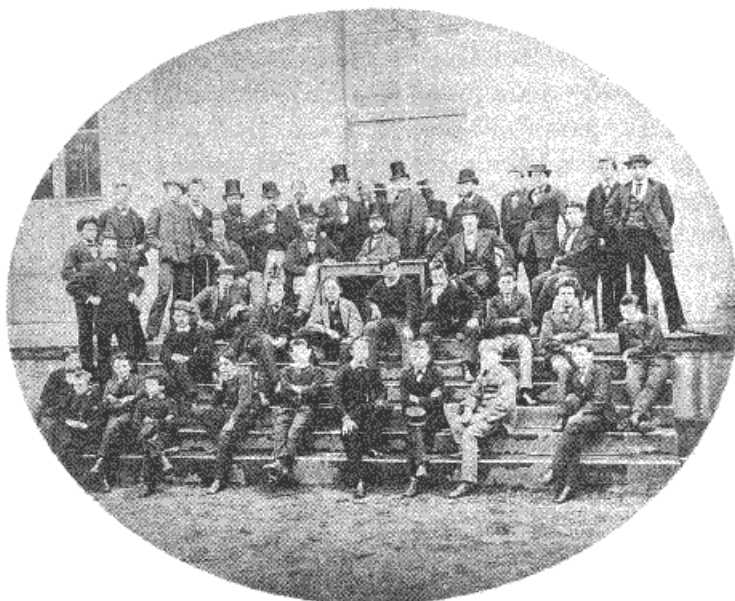
tabel 4 Hbs-lesrooster uit 1867

	aantal uren per week in klas					
	1	2	3	4	5	totaal
wiskunde	7	7	7	4	4	29
natuurkunde	-	-	2	2	2	6
scheikunde	-	-	2	2	3	7
plant- en dierkunde	2	2	-	-	1	5
verklarende etc.	-	-	-	2	2	4
delfstof- en aardkunde	-	-	-	2	1	3
kosmografie	-	-	-	1	1	2
prakt. oef. in nat. of scheik.	-	-	-	2	2	4
totaal exacte vakken	9	9	11	15	16	60
totaal alle vakken	32	32	32	34	34	164

(bron: A. Bartels, 'Een eeuw middelbaar onderwijs 1863-1963', Groningen: J.B. Wolters, 1964, p. 69.)

merkelijk niveau waren. De drie invloedrijke nieuwe schoolinspecteurs Bosscha, Staring en Steyn Parvé hebben ervoor gezorgd dat veel wetenschappelijk talent als docent terechtkwam op de hbs. In 1867 hadden 88 docenten op de rond de twintig scholen de doctorsgraad.¹² Van de eerste generatie hbs-leraren waren er ook veel die wat hun didactisch vermogen betreft op één lijn gesteld konden worden met de lagereschoolcoryfeeën Ligthart en Thijssse, zoals Van 't Hoff's leraar Hubrecht en Lorentz' leraren Van de Stadt en Van Bemmelen. De laatste is een mooi voorbeeld van een nu bijna vergeten docent, die op beslissende wijze invloed uitoefende op de snelle ontwikkeling van de Nederlandse exacte wetenschappen. In 1868 werd Van Bemmelen directeur van de hbs in Arnhem en ging hij daar scheikunde doceren. Voordien was hij directeur van de hbs in Groningen. Later werd hij hoogleraar in Leiden. In Groningen had hij Kamerlingh Onnes onder zijn leerlingen, in Arnhem Lorentz en over zijn tijd in Leiden meldde Van Klooster: 'Zoals van Davy werd gezegd dat zijn grootste ontdekking Faraday was, zo kan met evenveel recht gesteld worden dat Van Bemmelen's belangrijkste ontdekking [Bakhuys] Roozeboom is geweest.'¹³ Velen van deze generatie hbs-leraren waren juist goed genoeg opgeleid om hun leerlingen op te leiden tot vlak voor de onderzoeksfase, zodat ze als student in een paar jaar klaargestoomd waren om zelf onderzoek te doen. Er waren goede leerboeken voor de exacte vakken, zoals het natuurkundeboek van Bosscha uit 1865. Naast de onderwezen boekenkennis speelden de schoollaboratoria een belangrijke rol. De hbs-laboratoria waren vaak even goed uitgerust als universiteitslaboratoria.¹⁴

Verantwoordelijk voor de invoering ervan was inspecteur Johannes Bosscha. Diens levensloop laat een lange mars door de instituties zien.¹⁵ Geboren in 1831 als zoon van een minister onder Thorbecke, was hij aan de Latijnse school in Amsterdam vooral een leerling van de fysicus Van der Willigen, die hij volgde toen deze naar het atheneum in Deventer vertrok. In 1850 ging hij in Leiden studeren bij de latere promotor van Lorentz en Van der Waals, Rijke, wiens assistent hij werd in 1860. Bosscha deed daar ook on-



Tilburgse hbs-leerlingen in 1867. Onder hen Vincent van Gogh (eerste rij, derde van rechts). Het schoolgebouw op de achtergrond is het voormalig paleis van koning Willem II, dat om niet aan de gemeente was overgedragen op voorwaarde dat er een hbs in zou worden gevestigd.

derzoek van zeer behoorlijk niveau. Na een verblijf aan de Koninklijke Militaire Academie in Breda, werd hij in 1863 door Thorbecke benoemd tot inspecteur van de nieuwe hbs. In 1873 werd hij natuurkundeprofessor aan de Polytechnische School, waarvan hij in 1878 directeur werd. In 1885 werd hij secretaris van de Hollandse Maatschappij van Wetenschappen in Haarlem, een zeer prestigieuze positie die later ook door Lorentz werd bekleed. Ook was hij de eerste redacteur van de *Verzamelde werken* van Christiaan Huygens, een taak die later langdurig werd verricht door Korteweg.

Velen van onze beste onderzoekers leerden op de hbs als leerling te experimenteren, maar er zijn er ook heel wat geweest die als leraar van de faciliteiten gebruikmaakten, didactische ervaring opdeden en invloed uitoefenden op onderzoekers van een latere ge-

neratie. Vooral de onderzoekers die geboren waren voor 1850 draaiden een tijd in het hbs-circuit als docent mee, zoals Van der Waals (die met genoeg op school experimenten deed), Korteweg en De Vries.

In 1871 deden Lorentz en Van 't Hoff eindexamen, de eerste als nummer één van Zuid-Holland, de tweede als nummer één van Gelderland (let op het extra motiverende competitie-element). Van 't Hoff zei zelf over zijn hbs-opleiding in 1891: 'Maar nog een andere faktor moet zijn werkzaam geweest, om juist in de laatste vijf, zes jaren een soort van bloeiperiode op fysisch-chemisch gebied in Nederland te hebben doen ontstaan. Is daarin niet de vrucht te zien van onze, in vele opzichten zo uitnemende, Hoogere Burgerschoolopleiding en zou die bloei niet worden verhoogd, door den weg van Burgerschool tot Universiteit gemakkelijker te maken? Inderdaad, het merendeel dergenen die op dit gebied hebben meegewerkt, danken hunne opleiding aan die H.B.S. Ik noem slechts Lorentz, Bakhuis Roozeboom, Eijkman [niet de vitamine B-ontdekker, maar zijn broer], Reicher, Schwab, Hamburger en ook mijzelfen.'¹⁶

Daarnaast kan een even duidelijk, maar meer op de inhoud gericht citaat van de paleontoloog Dubois gezet worden: 'De hbs te Roermond [...] is voor mij misschien van meer beteekenis geweest dan de universiteit [...]. Ik geloof, dat als ik op een gymnasium was gekomen, veel van mijn natuurwetenschappelijken aanleg ware verloren gegaan [...]. De hbs te Roermond is voor mij een kleine universiteit geweest [...]. [Zij was] voorzien van voortreffelijke leeraren en ingericht wel zoo goed als de universiteiten van dien tijd, uitmuntend chemisch laboratorium, groote zoölogische, mineralogische en petrografische verzameling, en mooie plantentuin.'¹⁷

Zoals Van 't Hoff al opmerkte, werden de hbs'ers nog lang belemmerd bij de toelating tot een universitaire studie. De eerste tijd was het alleen door speciale dispensatie mogelijk, een exacte wetenschap aan een universiteit te studeren. Verschillende belangrijke onderzoekers hebben hier iets op moeten verzinnen. Van 't Hoff ging eerst een paar jaar studeren aan de Polytechnische

School, zoals Thorbecke voor hbs'ers op het oog had. Vervolgens kreeg hij op grond van zijn goede eindexamenresultaten van Thorbecke persoonlijk toestemming om zonder oude talen te hebben geleerd aan de universiteit te gaan studeren. Toch was dat niet zo uitzonderlijk, want zijn schoolvriend Hubrecht (een neef van de eerder genoemde leraar) mocht het ook. Bakhuis Roozeboom leerde braaf Grieks en Latijn voor het staatsexamen gymnasium. Daarna ging hij werken in een chemische fabriek. Pas nadat die als gevolg van brand was opgedoekt, ging hij studeren, een aardig voorbeeld om een al te sterk wetenschapssociologische determinisme af te zwakken. Ook het toeval kon een hoofdrol spelen.

De eerste vrouwelijke arts, Aletta Jacobs, vermeldt in haar herinneringen dat haar door Thorbecke persoonlijk schriftelijk toestemming werd gegeven.¹⁸ Dat was een van de laatste goede daden van de grote man. De brief arriveerde met een rouwrand, want de grondlegger van de Tweede Gouden Eeuw was zojuist overleden.

Na de invoering van de nieuwe wet op het hoger onderwijs werd het in 1876 voor hbs-leerlingen mogelijk om via een (volgens Bosscha niet al te moeilijk)¹⁹ colloquium doctum Grieks en Latijn te gaan studeren. Dat leidde tot een verdubbeling van hun aandeel.²⁰ In 1917 stelde de initiatiefwet-Limburg hbs'ers in staat om direct te gaan studeren. Het aantal wis- en natuurkundestudenten steeg daarna van achthonderd in 1918 tot achttienhonderd in 1930.²¹

De aandacht voor moderne ontwikkelingen in de natuur- en scheikunde droeg belangrijk bij tot de vruchtbaarheid van de studies die de beste hbs-leerlingen later op de universiteit voltooiden. Terwijl in de begintijd alleen zeer goede hbs'ers naar de universiteit gingen, was tegen 1940 de meerderheid van de bètawetenschappers van de hbs afkomstig. In 1937-'38 hadden van de hoogleraren en lectoren in de faculteiten waar hbs'ers werden toegelaten (vooral geneeskunde en wis- en natuurkunde) 202 een hbs-opleiding, tegenover 85 ex-gymnasiasten, 31 met een andere en zeventien met een onbekende opleiding. Van de 46 leden van de Koninklijke Akademie, afdeling natuurkunde, waren er 29 hbs'er geweest, twaalf gymnasiast, vier anders en één onbekend.²² Voor ons is hier het belangrijkste dat van de zeven vooroorlogse Nederlandse No-

belprijswinnaars voor een natuurwetenschap (inclusief medicijnen) er zes een hbs-opleiding hadden gehad. De uitzondering was de ex-onderwijzer Van der Waals die geen hbs-leerling, maar wel hbs-leraar was.

Zeer veel hbs'ers gingen naar de nieuwe Polytechnische School in Delft.²³ Tussen 1864 en 1895 werden er 2600 studenten aan de school ingeschreven. Ze waren grotendeels afkomstig uit de groep van 5900 geslaagde (van de 7100) hbs-eindexamenkandidaten. Ook de afgestudeerden van de Polytechnische School gingen echter nauwelijks naar het bedrijfsleven. Ze kwamen in dienst van de overheid. Veruit de meesten hadden civiele techniek gestudeerd. In 1879 werkte zeventig procent van alle ingenieurs bij Rijkswaterstaat of bij de spoorwegen. In 1900 waren van de 219 inmiddels afgestudeerde werktuigbouwkundig ingenieurs maar rond twintig werkzaam bij een machinefabriek.²⁴ We komen op deze ontwikkelingen terug in hoofdstuk 7.

De toename van het aantal zeer productieve onderzoekers in de jaren zestig van de vorige eeuw die uit de tabellen van hoofdstuk 1 blijkt, kan nog niet het gevolg zijn geweest van de invoering van de hbs. Daarvan gingen de eerste leerlingen pas tegen 1870 studeren. Die toename hangt wel samen met de wet van 1863. Daaruit volgde namelijk ook de stichting van de Polytechnische School. Van de zeven onderzoekers die in het naslagwerk van Poggendorff in de jaren zestig voor het eerst genoemd worden, blijken er vier langdurig verbonden te zijn geweest aan de Delftse instelling: Bosscha, H.G. van de Sande Bakhuyzen, F.J. van den Berg, en A.C. Oudemans jr. Met deze uitbreiding van het Nederlandse onderzoekerspotentieel werd in het klein al tot stand gebracht wat in 1876 in het groot werd overgedaan.

HBS en cultureel klimaat

De universitaire studies van de onderzoekers die vanaf hoofdstuk 4 de revue zullen passeren, konden hecht gefundeerd worden op de hbs-kennis. Snel konden de betere studenten die kennis uit-

breiden. Ze hadden vaak al veel geëxperimenteerd (ook buiten de lesuren), ze kenden recente theorieën (Van 't Hoff leerde bijvoorbeeld al vroeg met de nieuwe chemische structuurformules te werken) en ze hadden een zeer behoorlijke portie wiskunde gehad.²⁵ Dat verklaart waarom ze al snel hun eerste resultaten konden publiceren.

Aan de hand van het werk van de latere Nobelprijswinnaar Van 't Hoff uit 1874 is goed te illustreren hoe zijn veelzijdige kennis van op de hbs benadrukte vakken, het al vijf jaar na zijn eindexamen mogelijk maakte dat hij een van de pioniers werd van de synthese tussen natuur- en scheikunde. Dit eerste werk was een koppeling van ideeën uit de organische chemie (vooral recente van de Duitsers Kekulé en Wislicenus) aan geheel andere onderzoeks-resultaten, die Pasteur eerder had geboekt. Van 't Hoff zette voor het eerst gefundeerd de stap van tweedimensionale (de gangbare structuurformules) naar driedimensionale scheikunde, zoals in hoofdstuk 4 uitgebreider wordt besproken. Na 1880 werd bij de synthese van natuur- en scheikunde tot het nieuwe vakgebied fysische chemie steeds meer wiskunde toegepast door Van 't Hoff en anderen, zoals Ostwald en Arrhenius.

Naast de wis-, natuur- en scheikundekennis die op de hbs en daarna werd opgedaan, was er nog een andere factor die de drie genoemde pioniers tot belangrijke vernieuwingen bracht. Van der Waals, Van 't Hoff en Lorentz waren alle drie overtuigd van de realiteit van atomen of moleculen (bij Lorentz werkte dat heuristisch vooral door in de latere 'elektronentheorie'). Vandaag de dag fronst niemand de wenkbrauwen bij die mededeling, maar rond 1870 waren er maar zeer weinig serieuze onderzoekers die het atomisme aanhingen. Nog ruim na 1900 was het omstreden. Een van de weinige aanhangers, de Oostenrijkse natuurkundige Boltzmann, pleegde in 1906 zelfmoord, zeker ook omdat hij depressief was geworden door de aanhoudende aanvallen op zijn wereldbeeld door de felle anti-atomisten Ostwald en Mach. Casimir merkt in zijn memoires op dat Boltzmann misschien moed had kunnen putten uit het Nederlandse atomisme van Lorentz en Van der Waals (Van 't Hoff noemt hij niet).²⁶

Hoe kon het Nederlandse culturele klimaat ertoe bijdragen dat de grote drie aan het begin van de Tweede Gouden Eeuw zo'n wereldbeeld hadden? Ik houd het op twee oorzaken. Bijna vanzelfsprekend was er in 1870 in Nederland een forse fase-achterstand in culturele ontwikkeling. In Duitsland was het materialisme van de medici-fysiologen Vogt, Moleschott en Büchner in de periode 1850-1860 zeer populair. Het werd ook door fysici aangehangen (bijvoorbeeld door de voor Van der Waals zeer belangrijke Clausius). Rond 1870 was het echter passé, onder meer door de invloed van F.A. Langes magistrale *Die Geschichte des Materialismus* (1866). Dat werk stond aan de wieg van de neo-Kantiaanse revolutie, die ook grote invloed had op natuurwetenschappers (Helmholtz werd een vooraanstaand neo-Kantiaan). Er werd weer teruggegrepen op Kants opvatting dat de orde in de wereld er primair door het intellect in gelegd wordt en dat het naïef is om aan te nemen dat er een georganiseerde werkelijkheid (zoals de materie of de atomen van de materialisten) onafhankelijk van ons kenapparaat bestaat. In Nederland was de ontwikkeling van materialisme naar idealisme nog niet doorgedrongen tot de filosofen, laat staan tot de natuurwetenschappers.

In de tweede plaats zullen de hbs- en universitaire docenten uit de generatie voor de nieuwe pioniers sterker op ideeën van vroeger geleund hebben. Een goede illustratie is de belangrijke onderzoeker Buys Ballot, die al in de jaren veertig een atomistisch standpunt had ingenomen. Zijn opvattingen waren echter aan het eind van de idealistische periode in de filosofie bepaald niet met open armen ontvangen. Dit heeft hem altijd dwarsgezet. Toen decennia later een kans op revanche leek te zijn gekomen, werd die door Buys Ballot gegrepen. Hij steunde Van 't Hoff van harte in zijn strijd om zijn stereochemisch pamflet van 1874 vertaald en geaccepteerd te krijgen.

Eindnoten:

- 1 Zie voor de in dit hoofdstuk gebruikte gegevens vooral mijn proefschrift (Willink, 1988). Er is sinds 1988 natuurlijk nieuwe literatuur verschenen. Die heeft het door mij geschetste beeld niet beslissend beïnvloed. Een uitzonderlijk belangrijke bijdrage tot de geschiedenis van het middelbaar onderwijs is geleverd door Cees Mandemakers, *Gymnasiaal en middelbaar onderwijs. Ontwikkeling, structuur, sociale achtergrond en schoolprestaties in Nederland, ca. 1800-1968*, proefschrift Erasmus Universiteit Rotterdam 1996, deel 1, 330 p., deel 2, 343 p. Op één punt verschil ik met hem van mening: de hbs was meer dan een systematische verbetering van reeds bestaand modern onderwijs. Het exact-wetenschappelijk curriculum was een grote vernieuwing (laboratoria en wiskunde!), zie bv. Mandemakers, deel 2, p. 322.
- 2 Th. van Tijn, 'Het sociale leven in Nederland 1844-1875', in: *Algemene geschiedenis der Nederlanden*, red. D.P. Blok e.a., deel 12, 1977, p. 131-165.
- 3 Zie bv. Th. van Tijn, 'De tweede fase van de economische groei 1868-1875', in: *Algemene geschiedenis* (zie vorige noot), p. 154-165; J.A. de Jonge, *De industrialisatie in Nederland tussen 1850 en 1914*, Amsterdam: Scheltema & Holkema, 1968; herdruk: Nijmegen: SUN, 1976; J.A. de Jonge, 'Het economisch leven in Nederland (1844-1873)' in *Algemene geschiedenis* (zie vorige noot), p. 53-76.
- 4 Zie J. Teyl, 'Nationaal inkomen van Nederland in de periode 1850-1900', *Economisch en sociaal-historisch jaarboek*, jrg. 34, 1971, p. 232-262, p. 262.

- 5 Joh. de Vries, 'Het censuskiesrecht en de welvaart in Nederland, 1850-1917', in: *Economisch en sociaal-historisch jaarboek*, jrg. 34, 1971, p. 178-231.
- 6 Het gedetailleerdste overzicht van de opkomst van de Nederlandse middengroepen biedt het proefschrift van Luuk Wijmans, *Beeld en betekenis van het maatschappelijke midden. Oude en nieuwe middengroepen 1850 tot heden*, Amsterdam: Van Gennep, 1987, 334 p. Wijmans besteedt echter weinig aandacht aan het onderwijs.
- 7 J.R. Thorbecke, *Over de regeling van het hooger onderwijs uit zijne redevoeringen en aantekeningen bijeenverzameld door mr. W. Thorbecke*, 's Gravenhage, 1876, p. 48.
- 8 *Geschiedenis van de techniek in Nederland. De wording van een moderne samenleving 1800-1890*, Zutphen: Walburg Pers en Stichting Historie der Techniek, deel 1-6, 1992-1995. Zie deel 5, p. 119-120. Deze geschiedenis is een belangrijk overzichtswerk. Alleen in hoofdstuk 7 ga ik er uitgebreid op in, want in 1890 was er nog weinig of geen *science-based* industriële technologie.
- 9 Zie H. van Dijk en C.A. Mandemakers, 'Secondary Education and Mobility at the Turn of the Century', *History of Education*, vol. 14, no. 3, 1985, p. 199-226, p. 203.
- 10 Interview met Van den Eerenbeemt in de boekenbijlage van *NRC Handelsblad* van 2 maart 1996.
- 11 Zie Van Dijk en Mandemakers, noot 18.
- 12 *Geschiedenis van de techniek in Nederland*, o.c. (noot 8 bij hoofdstuk 2), deel 5, p. 125-126.
- 13 In: 'Chemistry', in: *The Contributions of Holland to the Sciences: A Symposium*, red. A.J. Barnouw en B. Landheer, New York: Querido, 1943, p. 322.
- 14 K. van Berkel, *In het voetspoor van Stevin*, o.c. (noot 5 bij de proloog), p. 136-138.
- 15 Zie A. Ya. Kipnis, B.E. Yavelov, J.S. Rowlinson, *Van der Waals and Molecular Science*, o.c. (noot 5 bij de proloog), p. 21-22.
- 16 J.H. van 't Hoff in: *Handelingen van het derde Nederlandse Natuur- en Geneeskundig Congres*, 1891, p. 27.
- 17 B. Theunissen, *Eugène Dubois en de aapmens van Java. Een bijdrage tot de geschiedenis van de paleo-antropologie*, Amsterdam: Rodopi, 1985, 301 p., p. 34.
- 18 Aletta Jacobs, *Herinneringen*, Amsterdam: Van Holkema & Warendorf, 1924, p. 31. Er is een recente heruitgave, Amsterdam: Pandora, 1995, 336 p.
- 19 Zie Kipnis e.a., *Van der Waals and Molecular Science*, o.c., p. 24.
- 20 Jensma en De Vries, o.c. (noot 5 bij de proloog), p. 23.
- 21 M. Groen, o.c. (noot 5 bij de proloog), deel 2, p. 7.
- 22 A. Bartels, *75 jaar middelbaar onderwijs, 1863-1938*, Groningen: J.B. Wolters, 1947, p. 235.
- 23 *Geschiedenis van de techniek in Nederland*, o.c. (noot 5 bij de proloog), deel 5, p. 127.
- 24 Idem, deel 4, p. 56.
- 25 D.J. Struik, 'Mathematics', in: *The Contribution of Holland to the Sciences*, o.c. (noot 5 bij de proloog), p. 290.
- 26 H.B.G. Casimir, *Een halve eeuw natuurkunde*, o.c. (noot 5 bij de proloog), p. 175.

3 Politiek gezwalk en de expansie van de universiteiten: de Wet op het Hoger Onderwijs van 1876

Liberaal twijfels, krimp en groei van het Hoger Onderwijs

Een aantal van de beste hbs-leerlingen uit de jaren zestig werd hoogleraar in de jaren zeventig en tachtig. Ze konden profiteren van nieuw ingestelde leerstoelen en hadden dus opnieuw geluk. Ook de Wet op het Hoger Onderwijs van 1876 heeft de bloei van de bètawetenschappen bevorderd. De ontwikkelingen die leidden tot de parlementaire aanvaarding ervan, en ook de gevolgen van de wet, waren echter aanzienlijk complexer dan het geval was geweest bij haar voorganger uit 1863.

Na 1866 kreeg ons land steeds krachtelozer regeringen, waarbij het er in wezen niet zoveel toe deed of ze nu van 'liberale' dan wel 'conservatieve' signatuur waren. Het geloof in vooruitgang en toenemende beschaving werd door veel politici gedeeld. Er waren echter toenemende belangentegenstellingen in de maatschappij aan het ontstaan. Tegenover een groeiend aantal rijke ondernemers en handelaren, en hun administratieve krachten, stonden steeds grotere aantallen ambachtslieden die vroeger zelfstandig waren geweest, maar nu fabrieksarbeider waren geworden of thuis voor stukloon werkten. Beide groepen - ondernemers en de mensen die voor hen werkten - waren in toenemende mate van elkaar afhankelijk geworden, terwijl hierdoor tegelijk het bewustzijn van hun contrasterende positie werd versterkt.¹ Dit leidde ook tot gespletenheid in de politieke elite. Er waren progressieven die bleven

streven naar uitbreiding van het kiesrecht en meer kansen voor de lagere sociale groepen. Tegenover hen stonden conservatieven die wel ruim baan wilden voor de economische expansie, maar ook bang waren om hun macht en voorrechten te verliezen en dus de kiesrechtverruiming tegenhielden.

Die verdeeldheid verlamde de regeringen tussen 1866 en 1887. De wetgevende potentie van de liberale groeperingen die de elite domineerden werd juist in de tijd van hun grootste gezamenlijke parlementaire meerderheid uitgehold. Nu kiesrecht hervorming en sociale wetgeving niet tot stand konden komen en de belangrijkste op economische groei gerichte wetgeving (zoals inzake spoorwegaanleg, maar ook over lager en middelbaar onderwijs) al tot stand was gebracht, vooral door Thorbecke, zochten de liberalen het in wetten waar ze hun grote kamermeerderheid zonder veel interne strubbelingen achter konden krijgen. Het lag voor de hand om na het middelbaar onderwijs ook het minder controversiële hoger onderwijs in een nieuwe wet te regelen.

De eerste serieuze aanzet kwam van de conservatief Heemskerk (wetsontwerp 1868), maar daarna kwamen er nog wetsontwerpen in 1869 (Fock) en 1874 (Geertsema). Deze vruchten van hogeronderwijs politiek hadden een sterk ‘academisch’ stempel. De ‘Duitse’ lijn van Thorbecke - middelbaar onderwijs voor de nijvere bijen uit de middengroepen en hoger onderwijs voor de ontwikkelde landgenoten - werd rustig doorgetrokken. Handel, nijverheid en agrarische bevolking waren dan ook nauwelijks in de Tweede Kamer vertegenwoordigd. Rond 1870 had 67 procent van de kamerleden rechten gestudeerd (veertig procent was advocaat of werkzaam bij de rechterlijke macht). Velen waren beoefenaren van vrije beroepen of rentenierende grootgrondbezitters. In de discussie over de nieuwe wet werd de potentieel belangrijke economische factor grotendeels buiten beschouwing gelaten. In de Memorie van Toelichting op het nieuwe wetsontwerp merkten de achtereenvolgende ministers dan ook steeds op dat het bij de regeling van het hoger onderwijs niet in de eerste plaats om de behoefte aan wetenschappelijk opgeleide arbeidskrachten ging, maar om wetenschapsbeoefenaren. De poging van minister Fock om na de

zinsnede ‘om de beoefening der wetenschap om haar zelve te bevorderen’ toe te voegen ‘en alzoo ons vaderland tot haren vooruitgang te doen medewerken’ (wat dat ook moge betekenen), liep op niets uit.²

Het wetsontwerp van de progressieve liberaal Geertsema uit 1874 werd niet begeleid door plannen voor universitaire expansie. Integendeel: er werd zuinig voorgesteld om een universiteit op te heffen. Eerst was daarbij aan Groningen gedacht, maar omdat deze streek zich zo mooi ontwikkelde lag een universiteit in het westen van het land, Utrecht, meer voor de hand. Deze inkrimpingsplannen worden begrijpelijker als men de internationale situatie erbij betreft. Duitsland en Frankrijk waren na hun oorlog in het begin van de jaren zeventig nog maar nauwelijks begonnen met de uitvoering van hun uitbreidingsplannen. In grote lijnen was de toestand bij de grote Europese buurlanden al tientallen jaren onveranderd. Daarbij komt dat er in ons land in de jaren vijftig en zestig een overschot aan academici bestond, dat pas tegen 1870 verdween. Men wilde wel iets aan de universiteiten verbeteren, maar met mate.

In 1874 kwam de Commissie van Rapporteurs tot een overwegend positief oordeel over het wetsontwerp, waarbij ook het internationale aspect werd aangestipt: ‘In de laatste jaren zijn omtrent de inrichting van het akademisch onderwijs twee stelsels voorgestaan. Het eene strekte om de hoogeschole alleen in te rigten tot vorming van practici en het toekennen van bloot wetenschappelijke titels als ijdel pronk te verwerpen [een karikatuur van het beleid tijdens het Tweede Franse Keizerrijk], het andere om beoefening der wetenschap om haar zelve op den voorgrond te stellen en daartoe zoo veel mogelijk aan te moedigen [en hierin herkennen wij het Duitse systeem]. De minister heeft te regt het laatste stelsel gekozen, dat ook bij vroegere gelegenheden in de kamer de meeste voorstanders heeft gevonden. Van de invoering van het eerste stelsel zou toch algemeene verlaging van het wetenschappelijk peil het gevolg zijn; eene verlaging, die op de praktische maatschappelijke belangen zelve, waarvan hier sprake is, allernadeeligst terug zou werken.’³

Toch heeft het Duitse model in de uiteindelijke wet niet diepgaand doorgewerkt. Belangrijke elementen van het nieuwe stelsel - de aanwezigheid van faculteiten voor letteren en voor natuurwetenschappen, het niet-invoeren van ongesalarieerde privaattochters - waren wellicht Frans geïnspireerd. Puur Nederlands was de opinie van enige leden van de commissie, dat de propedeuse voor de 'natuurkundige wetenschappen' niet op het gymnasium thuishoorde, maar bij uitstek op de hbs. Andere leden benadrukten juist het belang van de breedst mogelijke vorming van aankomende studenten. Wat de omvang van het hoger onderwijs betreft, was een meerderheid van de commissie van mening dat drie universiteiten te veel was, niet zozeer vanwege te geringe financiële middelen, als wel wegens een tekort aan geschikte kandidaten voor het hoglerarschap. Men wees op 'het gemis aan genoegzame intellectuele kracht, op de onmogelijkheid om bij eene hervorming van ons universitair onderwijs al die leerstoelen naar eisch te bezetten [...]'. Nu, bij tachtig hogleraren, was dat al moeilijk en moest men soms zijn toevlucht nemen tot 'een vreemdeling, soms tot mannen van betrekkelijk jeugdigen leeftijd, die voor de toekomst iets schijnen te beloven, doch op wetenschappelijk gebied hunne sporen nog niet hebben verdiend'. Hoe moest dat straks worden, als ook nog het atheneum van Amsterdam tot universiteit zou worden verheven?

De discussie over inkrumping en uitbreiding begon kennelijk al tijdens het opstellen van het verslag van de Commissie van Rapporteurs een nieuwe dimensie te krijgen. Langzaam verdween het idee om een universiteit op te heffen naar de achtergrond en ging de gedachte om het bestaande universitaire stelsel uit te breiden het toneel beheersen. Bij paragraaf 18 van het wetsontwerp merkt de commissie op: 'Dat de wetsvoordragt het getal hogleraren bij elke Rijkshoogeschool niet regelt, verdiende goedkeuring. De Regering moest daarbij naar de bestaande, afwisselende behoefte te werk gaan. Bij het vaststellen der Staatsbegrooting konden de Staten-Generaal altijd eenige controle omtrent dit punt uitoefenen.' Bij een ander artikel wordt gewaarschuwd: 'De redactie van den aanhef laat te wenschen over. Men zou daaruit kunnen opmaken,

dat in elke faculteit de gehele reeks der vakken, die in het artikel voorkomen, moesten [sic] worden gedoceerd.’

Ook uit punt x van de nota met hoofdpunten, waarover men naar aanleiding van wetsontwerp, Memorie van Toelichting en verslag van de commissie met de minister zou moeten overleggen, blijkt dat een eventuele uitbreiding van de universiteiten nu naar de voorgrond was gekomen. Ik heb geen aanwijzingen gevonden voor invloed van de nieuwe politiek in Duitsland en Frankrijk en houd het erop dat vooral twee factoren bepalend zijn geweest: stijgende rijksinkomsten en informele gesprekken tussen politici en universitaire bestuurders. Het zal blijken dat geld en netwerken inderdaad een steeds grotere rol gingen spelen.

Voordat het aangekondigde overleg tussen Kamer en minister kon plaatsvinden, trad de regering om andere redenen af. De conservatief Heemskerk volgde Geertsema als minister van Binnenlandse Zaken op en paste het voorliggende wetsontwerp aan. Hij stelde in zijn Memorie van Beantwoording onder meer: ‘Vorming en voorbereiding tot zelfstandige beoefening der wetenschappen en tot het bekleeden van maatschappelijke betrekkingen, waarvoor eene wetenschappelijke opleiding wordt vereischt’ zijn het doel van het hoger onderwijs, waarbij geldt: ‘Wenschelijk voorzeker is het de zelfstandige, degelijke beoefening der wetenschap op den voorgrond te plaatsen, maar het andere doel blijve niet onvermeld.’ Gymnasium en hbs moeten gescheiden blijven: ‘De methode en rigting van het onderwijs zijn bij die instellingen verschillend.’ Bij handhaving van drie universiteiten zijn niet veel extra personele middelen nodig, bijvoorbeeld een nieuwe hoogleraar in Leiden, en ook weinig extra materiële investeringen, bijvoorbeeld een nieuw fysisch laboratorium in Utrecht voor f30.000.- tot f40.000.-. In het gewijzigde wetsontwerp wordt gekozen voor een minimumaantal vakken, waarbij het aantal bètavakken gering wordt uitgebreid.

De wet wordt nu met grote meerderheid aangenomen, in de Tweede Kamer op 7 april 1876 met 66 tegen zeven stemmen, in de Eerste Kamer op 27 april met 28 tegen vier stemmen.

Universitaire expansie en wetenschappelijk onderzoek

Na het in werking treden van de wet op 1 oktober 1877 wordt de progressieve liberaal Kappeyne van de Coppello minister van Binnenlandse Zaken. Men zou verwachten dat onder Kappeyne, die zijn conservatieve voorganger al tegen zijn zin onder meer had gedwongen het Amsterdamse Atheneum te verheffen tot Hoogeschool, de koerswijziging tot uitbreiding pas echt van de grond is gekomen. Eerder werd echter al opgemerkt dat ‘liberalen’ en ‘conservatieven’ op veel terreinen moeilijk van elkaar te onderscheiden waren. Ook de hoofdlijnen van het hoger-onderwijsbeleid werden politiek breed gesteund. De dominante politieke partijen rekruteerden partijgangers en politici dan ook grotendeels uit dezelfde sociale groepen.

Ook de universitaire belangengroepen waren daarin geworteld. Ze zijn in samenspel met hun academische geestverwanten in regering en parlement - en dat was kort tevoren in Duitsland bijna net zo gegaan⁴ - in staat geweest om een in de negentiende eeuw eenmalige expansie van het wetenschappelijk korps tot stand te brengen. Tegelijk met de parlementaire behandeling van de nieuwe wet was al gewerkt aan een begroting die rekening hield met de uit de wet voortvloeiende nieuwe mogelijkheden. In de staatsbegrotingen voor 1877 en 1878 is, al onder verantwoording van Heemskerk, een ruime verdubbeling van de uitgaven voor universitair personeel opgevoerd. Bedroeg die post in 1876 nog f328.891.-, in 1878 was dat f708.760.-. Een flink deel van dit bedrag bestond uit de algemeen noodzakelijk geachte verhoging van de salarissen. In 1875 was het jaarsalaris van een hoogleraar exact hetzelfde als was vastgesteld in het Organiek Besluit uit 1815. Het traktement van een Leidse professor was hoger dan dat van zijn collegae in Utrecht en Groningen: f2800.- tegenover f2200.-. Dat kon geen hoog salaris genoemd worden. Een hoofdcommies op een ministerie verdiende ongeveer f2000.- tot f2400.-, de hoogste gewone ambtenaar, een referendaris, f2500.- tot f3000.-, een secretaris-generaal f5000.-, en een minister

f12.000.-. Op de Polytechnische School verdiende een hoogleraar f3500.-.

Daarnaast waren er voor hoogleraren echter inkomsten uit inschrijvings-, college- en examengelden. Voor een college dat twee uur in de week gegeven werd, betaalde een student vijftien gulden, voor een college van meer dan twee uur dertig gulden.⁵ Hoogleraren in natuurkunde, scheikunde en biologie hadden tot de invoering van de hbs, die de behoefte aan leraren in wiskunde en natuurwetenschappen sterk deed toenemen, vooral medische studenten. Ze moesten deze studenten opleiden voor het propedeuseexamen. Wel ging het om beperkte aantallen. De aantallen medische studenten bedroegen tussen 1839 en 1876 tussen de 175 en 373 (daarvan studeerde ongeveer de helft in Leiden). Van dit aantal zullen er vijftig tot honderd propedeusestudenten geweest zijn, zo'n twintig tot veertig per universiteit. In 1861-'62, 1863-'64 en 1866-'67 werden in het hele land respectievelijk veertig, 36 en 24 medische propedeuse-examens afgenomen (tegenover acht tot negentien kandidaatsexamens, twee tot elf doctoraalexamens en drie tot zeven promoties in de wis- en natuurkunde).⁶

Het aantal studenten wiskunde en natuurwetenschappen (voor hoogleraren wis- en sterrenkunde de enige studenten), bedroeg van 1844 tot 1864 maar rond de dertig, van 1865 tot 1876 meer: 120 tot 180, dus vóór 1865 een tiental en daarna dertig tot zestig studenten per universiteit. Het is natuurlijk niet eenvoudig om de inkomsten per hoogleraar te berekenen, maar behalve een enkele uitzondering (vooral in Leiden) zullen die vóór 1865 enkele honderden guldens bedragen hebben en na die tijd niet of nauwelijks boven de f1000.- gekomen zijn. In de toelichting bij de Rijksbegroting voor 1878 wordt gesteld 'dat in den laatsten tijd meermalen bij de Regeering aanvragen zijn ingekomen om verhooging der jaarwedden van wetenschappelijke en andere ambtenaren en bedienden bij de hoogeschole en tot vermeerdering van dat personeel. Waar de behoefte geen uitstel gedoogde, is er in voorzien; de overige aanvragen zijn aangehouden tot aan de wettelijke regeling van het hooger onderwijs. Nu deze tot stand is gekomen zijn de vroegere verzoeken, door curatoren in herinnering gebracht, nage-

gaan, en is het raadzaam en billijk toegeschenken aan de meeste gunstig gevolg te geven'. In 1877 kregen de negentien gewone en één buitengewone hoogleraren in de wis- en natuurkundefaculteiten bij elkaar f48.200.- salaris; in 1878 was dat voor de 26 ordinarii f127.000.-! Over Leiden wordt gezegd: 'Van deze 44 hoogleraren zijn er twaalf met eene jaarwedde van fl 4000.-, zeven van f5000.-, 25 van f6000.-.' De tien uit de faculteit der wis- en natuurkunde kregen gemiddeld f4900.-, bijna een verdubbeling van hun jaarsalaris. In Utrecht en Groningen was het nog meer. Daar werden de salarissen die eerst lager waren dan in Leiden opgetrokken tot het nieuwe Leidse niveau.

Ook de stijging van het aantal hoogleraren was indrukwekkend. In de Memorie van Toelichting bij de begroting van 1878 merkt Heemskerk op: 'Dat het getal der docenten aan de drie Rijksinstellingen vermeerdering behoort te ondergaan, is niet twijfelachtig, wanneer men de lijst van vakken in art. 42 en 43 der wet opgenoemd inziet en vergelijkt met die in art. 63 van het Koninklijk Besluit van 2 Augustus 1815, no. 14, en daaraan bij latere besluiten gegeven uitbreiding. Al die nieuwe leerstoelen dadelijk bij het in werking treden der wet te bezetten, zou eene onmogelijkheid wezen. Vandaar dan ook dat bij art. 126, 4de lid, voor die taak eene tijdruimte van vijf jaren is toegestaan. Raadzaam scheen het zich aanvankelijk tot het strikt noodige te bepalen en gaandeweg het ontbrekende aan te vullen.'

De argumentatie is nu verschoven. Eerder was juist gewaarschuwd voor het automatisch aanstellen van hoogleraren voor nieuwe vakken, nu is de noodzaak van bezetting van de nieuwe leerstoelen al een fait accompli. Het pleidooi voor getemporiseerde bezetting haalde weinig uit. De minister had de bui waarschijnlijk zelf al zien hangen. De universitaire lobby's hadden hun kans geroken: 'Curatoren der drie hoogeschole, te dezer zake geraadpleegd, hebben op hunnen beurt de faculteiten gehoord, en de uitslag was, dat naar het oordeel der laatstgenoemde, al dadelijk dertig à veertig nieuwe hoogleraren en twintig à dertig lectoren noodig waren, welke cijfers naar het gevoelen van curatoren iets, maar niet veel lager zouden zijn. Dat aan deze voorstellen geen

gevolg kon worden gegeven, behoeft geen betoog. Van waar zouden al die geleerden, benevens die welke de universiteit van Amsterdam noodig heeft, te verkrijgen zijn?’

De minister wil zich beperken tot de examenvakken. Ook Heemskerks medestanders in gematigdheid deden hun best: ‘Naar het oordeel van sommigen heeft een overdrijving geheerst in het aantal der benoemde hoogleraren, en had de Regering niet zoo haastig moeten zijn met de vervulling van leerstoelen voor bijvakken [zover was men dus nu al!], terwijl de hoofdvakken nog niet overal naar behoren waren bezet.’

In zijn gewijzigde begroting van 1878 verlaagde Kappeyne van de Coppello nu het totaal van de uitgaven voor het hoger onderwijs van f1.344.088.- tot f1.111.889.-, maar verhoogde hij de personele uitgaven van f708.760.- tot f791.516.- (onder meer steeg het aantal wis- en natuurkundehoogleraren tot 28). In zijn Memorie van Antwoord deelde hij eenvoudig mee: ‘Overdrijving in het aantal benoemde [hoog]leraren heeft niet plaatsgehad.’ Immers: ‘Er waren dertig à veertig nieuwe hoogleraren en twintig à dertig lectoren verlangd. Er zijn 26 hoogleraren en vier lectoren benoemd.’

Uit de Memorie van Toelichting op de Staatsbegroting van 1879 blijkt dat Kappeyne aan de curatoren had gevraagd, wat ze nu nog nodig dachten te hebben. Het antwoord was duidelijk: in ieder geval nog 25 hoogleraren en veertien lectoren (drie respectievelijk zeven in de wiskunde en natuurwetenschappen). Helaas kon niet aan deze wensen worden voldaan, gezien de ‘ongunstige toestand waarin 's Rijks financiën thans verkeerden’. Voor de exacte wetenschappen was dat geen ramp. Men had de buit grotendeels binnen. De nieuwe bètahoogleraren werden in het algemeen aangesteld op grond van artikel 42 van de nieuwe wet (aan alle universiteiten te doceren vakken). Aanstelling kon ook geschieden op grond van artikel 43 (aan minstens één universiteit te doceren vakken) of artikel 44 (‘leerstoelen die, als wij dat noodig oordelen konden worden toegevoegd’). Van dit laatste was Lorentz' benoeming tot hoogleraar in de mathematische fysica een mooi voorbeeld. Van de zeven bèta-Nobelprijswinnaars van voor 1940 zijn er

vier kort na 1876 benoemd (Van der Waals, Lorentz, Van 't Hoff en Kamerlingh Onnes). Maar dat gold ook voor een aantal andere belangrijke generatiegenoten die in hoofdstuk 4 de revue zullen passeren, zoals Korteweg, Kapteyn en De Vries.

De nieuwe hoogleraren werden niet alleen beter betaald, ze waren ook beter gekwalificeerd als onderzoeker. De nieuwe wet eiste het wel niet expliciet, maar in de praktijk werden de kandidaten voor een benoeming veel sterker dan vroeger beoordeeld op hun publicatielijst. Bij de jonge kandidaten uit 1877-1882 betekende dat nog primair hun proefschrift. In 1860 had de wiskundehoogleraar Verdam van de universiteit van Leiden het voorstel gedaan om een nieuwe hoogleraar naast hem te benoemen, omdat hijzelf te weinig tijd had voor het onderwijs in beschrijvende en analytische meetkunde, differentiaal- en integraalrekening en analytische mechanica. Na de invoering van de nieuwe wet op het middelbaar onderwijs stemde de minister in 1863 met het voorstel in, omdat de regering ‘het ogenblik [had] geacht gekomen te zijn, om voor het behoorlijk en volledig doen geven van onderwijs in de wiskunde zorg te dragen’, en kon Bierens de Haan worden benoemd als buitengewoon hoogleraar.⁷ Het onderwijsargument was doorslaggevend.

In 1877 werd door minister Heemskerk aan curatoren gevraagd wat ze aan nieuwe docenten nodig hadden, want artikel 42 en 43 ‘zullen vermoedelijk eene vermeerdering van het onderwijzend personeel aan uwe Hoogeschool vereischen’.⁸ Nu werden echter nieuwe argumenten gebruikt voor de beoordeling van de uitbreidingen. De wis- en natuurkundefaculteit van de universiteit van Leiden rapporteerde in april 1877 dat men behoefte had aan een tweede natuurkundehoogleraar. Eén professor kon nauwelijks nog het onderwijs in zowel de experimentele als de moderne mathematische fysica bestrijken. Maar zelfs als hij een briljant docent was die daartoe wel in staat was, ‘dan nog zal het hem onmogelijk zijn voor de gelijktijdige *beoefening* [mijn cursivering] dier twee wetenschappen den noodigen tijd te vinden. [...] Een twintig- of dertigtal jaren geleden, toen de experimenteele physica de mathematische zoo vooruit was, kon deze des noods eenigszins stiefmoe-

derlijk behandeld worden. Doch dit is nu niet meer het geval. *De vraagstukken, op het gebied der mathematische physica thans aan de orde, zijn zoo belangrijk, dat elke natuurkundige er zich toe aangetrokken voelt, laat staan hij die ze op zijne lessen moet behandelen* [mijn cursivering].’ In oktober 1877 meldt de faculteit dat de beoogde Van der Waals voor de nieuwe universiteit van Amsterdam had gekozen. Gelukkig was er een andere Leidse ex-student, de minder bekende, vijftientwintigjarige leraar H.A. Lorentz, die ‘met het genie, hem ten deel gevallen’ de nieuwe plaats goed zou kunnen vullen, omdat ‘men spoedig van zijne hand geschriften kon verwachten, met die van den heer Van der Waals op eene lijn te stellen’.⁹ De nieuwe aandacht voor het wetenschappelijk onderzoek speelde een hoofdrol in de argumentatie voor de uitbreiding van het wetenschappelijk korps.

Na de benoeming: het faseverschil tussen toenemende docenten - en studentenaantallen

Kort voor de uitbreiding van het aantal hoogleraren was er een sterke toename van het aantal studenten in de wis- en natuurkunde geweest, van 38 in 1860-'61 tot 152 in 1870-'71. Zoals de samensteller van de *Statistiek voor het hooger onderwijs* Idenburg later opmerkte: ‘De plotseling opgekomen belangstelling voor deze studierichting stond, naar men mag aannemen, in rechtstreeks verband met de invoering van de Middelbaar Onderwijswet van 1863. De snel toenemende behoefte aan wetenschappelijk geschoolde leerkrachten voor de hogere burgerscholen vond aldus haar weerslag aan de universiteit.’

Na de aanstelling van de nieuwe hoogleraren deed zich echter een heel nieuw verschijnsel voor. Het aantal studenten nam nu, ondanks het toetreden van het Amsterdamse Atheneum tot de rang der universiteiten, drastisch af.

tabel 5 Aantal studenten wis- en natuurkunde 1871-1872 - 1886-1887

jaar	aantal	jaar	aantal
1871-1872	177	1879-1880	121
1872-1873	194	1880-1881	144
1873-1874	198	1881-1882	114
1874-1875	171	1882-1883	95
1875-1876	175	1883-1884	131
1876-1877	167	1884-1885	157
1877-1878	132	1885-1886	182
1878-1879	119	1886-1887	218

(bron: *Statistiek voor het hooger onderwijs 1930/'31*, p. 16, G. Jensma en H. de Vries, *Veranderingen in het hoger onderwijs in Nederland tussen 1815 en 1940*, Hilversum: Verloren, 1997, p. 190-191.)

Pas in 1886-'87 werd het getal van 1873-'74 weer gepasseerd. Idenburg schrijft daarover dat de daling samenhangt met de teruglopende conjunctuur. Het is echter vreemd dat de overheid dan tegelijkertijd het aantal hoogleraren sterk heeft uitgebreid. Daarnaast wijst Idenburg de terugloop aan de strengere toelatingseisen na 1876 (men kon alleen aan een faculteit gaan studeren die expliciet in het getuigschrift was vermeld, zie artikel 11 van de Hogeronderwijswet). Een derde, mijns inziens belangrijkste verklaring lijkt te liggen in de verzadiging van de hbs-lerarenmarkt.

Hoe het ook zij, de jonge, pas afgestudeerde hoogleraren kwamen in een wetenschappelijke droompositie terecht. Ze hadden meestal weinig onderwijservaring (Van der Waals was ook hier de uitzondering) en waren sterk op onderzoek gericht. De halvering van het aantal hoofdvakstudenten (er waren zoals eerder gezegd voor bepaalde hoogleraren wel behoorlijk wat medische propedeusestudenten), die gepaard ging met een toename van het aantal hoogleraren met vijftig procent, leidde voor de laatsten tot een sterke toename van de mogelijkheden om eigen onderzoek te doen en daarnaast aandacht aan slimme studenten te besteden. Terwijl

docenten zelf meer presteerden, lijkt dat niet voor hun beste leerlingen te hebben gegolden, zoals de cijfers in onderstaande tabel aangeven.

De sterke stijging van het aantal promoties tussen 1860 en 1875 en de sterke daling tussen 1880 en 1890 lijken samen te hangen met de studenteninstroom (zie tabel 5). Zo kunnen de promotiepiek van 1875 en het promotiedal van 1885 verklaard worden door de studentenpiek van 1872-1874 respectievelijk het studentendal van 1881-1884 (wilden de jonge doctores uit 1865 hbs-leraar, en die uit 1875 professor worden?). Eigenaardig is wel het trage herstel van de promotiecijfers na 1890, terwijl toen toch het aantal studenten sterk was toegenomen. Er ontstaat zo het beeld van een generatie onderzoekers (de ‘jonge hoogleraren’) die goed opgeleid waren en veel onderzoek konden doen, vooral in de studentluwe jaren 1877-1885, en daarnaast van een eropvolgende generatie, wier opleiding iets aan internationale geavanceerdheid had verloren en die minder onderzoekskansen kreeg. De generatie van de jonge hoogleraren onderscheidde zich dus vooral als onderzoekers van hun voorgangers en potentiële opvolgers.

De jonge hoogleraren die direct na de invoering van de nieuwe wet benoemd waren, leefden in een gouden tijd, zoals die in ons land sindsdien nooit meer is voorgekomen. Een student schetste

tabel 6 Aantal wis- en natuurkundepromoties 1856-1901

jaar	aantal	jaar	aantal
1856-1857 - 1860-1861	15	1881-1882 - 1885-1886	59
1861-1862 - 1865-1866	30	1886-1887 - 1890-1891	43
1866-1867 - 1870-1871	45	1891-1892 - 1895-1896	52
1871-1872 - 1875-1876	76	1896-1897 - 1900-1901	82
1876-1877 - 1880-1881	75		

(bron: Eigen berekeningen op basis van gegevens uit G. Jensma en H. de Vries, zie tabel 5, p. 262-263.)

later hoe het toeging op een college van Lorentz (die overigens ook colleges aan studenten uit andere disciplines gaf). Er waren tien studenten en Lorentz was een jaar of zeven ouder dan zij: ‘Voordat de colleges begonnen plachten ze een tijdje te praten bij de kachel om wat warmer te worden. Bij die gelegenheid plaagde Lorentz vaak de een of andere student een beetje zonder dat het ook maar enigszins onaangenaam werd. Op een gegeven moment keek hij dan op zijn horloge en zei: “Wat denken de heren ervan, zouden we niet eens beginnen?” Na het college wandelde de jonge professor met zijn studenten, Van Rijn en de anderen, langs het Rapenburg naar zijn kamers, die in die tijd aan de Turfmarkt waren, boven een sigarenhandelaar. Daar zocht Van Rijn Lorentz vaak op om over zijn proefschrift te praten. Hij herinnerde zich in het bijzonder een avond waarop hij E.A.O. Was ontmoette die veel later bij Lorentz zou promoveren. Ze hadden een gezellige avond samen, bespraken veel onderwerpen en eindigden met het drinken van een glas wijn.’¹⁰

Deze Leidse anekdotes illustreren belangrijke aspecten van de gouden onderzoekstijd: de jonge hoogleraar, het geringe aantal hoofdvakstudenten, en ook de na 1875 geringe ambitie om te promoveren. Uit de wederwaardigheden van Van 't Hoff in Amsterdam kan men de ongunstiger situatie na rond 1885 afleiden. In Amsterdam was het totaal aantal eerstejaarsstudenten na de statusverhoging tot universiteit toegenomen van 95 in 1878-'79 tot 126 in 1885-'86. Daarna steeg het opeens naar 165 in 1886-'87, waarna het ongeveer op dat peil bleef tot het einde van de eeuw. Voor de wis- en natuurkundefaculteit waren die cijfers vijftien in 1878-'79, twintig in 1885-'86 en zo'n 35 in de jaren na 1886-'87.¹¹

Bij ongeveer gelijkblijvende instroom van medische propedeusestudenten nam de onderwijslast door het sterk gestegen aantal hoofdvakstudenten vanaf 1886 navenant toe. In 1895 was het voor Van 't Hoff genoeg. Max Planck was persoonlijk naar Amsterdam gekomen met het aanbod om in Berlijn August Kundt op te volgen. Dat aanbod werd door Van 't Hoff geweigerd. Maar op het vijfde Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres in dat jaar pleitte hij er sterk voor dat goede onderzoekers minder tijd

aan onderwijs zouden moeten kunnen besteden. Toen daar geen reactie op kwam, accepteerde hij wel een tweede aanbod. Hij kon in Berlijn onderzoek gaan doen en soms een college geven, als hij daartoe behoefte gevoelde. Het was ons eerste geval van braindrain, als we de emigratie van de wiskundige Stieltjes even buiten beschouwing laten. De onderwijstaak van zijn collega Van der Waals werd na 1890 zo zwaar dat de gemeente die in 1891 gedeeltelijk liet overnemen door Julius en in 1897 ook door Sissingh en Zeeman. De wat minder zwaarbelaste bioloog De Vries kon ook in de jaren negentig nog flink wat onderzoek doen, getuige zijn gigantische boek over mutaties, totdat hij na 1910 een aanbieding van de Columbia University in New York als pressiemiddel kon gebruiken om behalve een nieuw laboratorium ook een tweede hoogleraar, Stomps, toegewezen te krijgen.

Laboratoria, wetenschappelijk front en kansen op een doorbraak

De betere vooropleiding, de personeelsuitbreiding en de afgenomen onderwijslast op de universiteit lijken drie belangrijke factoren te zijn geweest voor het ontstaan van een Nederlandse bloeiperiode na 1870. Elders heb ik erop gewezen dat een grote mogendheid als Frankrijk in dezelfde periode achterbleef bij Duitsland, omdat het land grote materiële investeringen achterwege liet tot het laatste decennium van de negentiende eeuw.¹² En hier komen we op een vierde factor die Nederland vanaf de jaren tachtig grote bloei bracht: er werden laboratoria gebouwd, zij het later dan in Duitsland.

Na een halve eeuw van doorbraken op veel gebieden waren de bètawetenschappen rond 1870 nog steeds kleinschalig georganiseerd. In Duitsland begon dat vanaf die tijd vooral onder invloed van de laboratoriumbouw te veranderen. Dat gold niet voor alle wetenschappen. In de wiskunde was het effect bijna vanzelfsprekend afwezig. Het waren zowel eerder als later in de eeuw vooral individuele Duitse onderzoekers (Gauss, Jacobi, Kummer, Kro-

necker, Weierstrass, Dedekind), en aanvankelijk ook Franse (Cauchy), die belangrijke stappen hebben gezet naar een rigoureuzere opzet van algebra en analyse. In de meetkunde was er de doorbraak van de niet-euclidische axiomastelsels (Gauss, Lobatchewski, Bolyai, Riemann, Hilbert). Tot vandaag de dag zijn de grote verbeteringen in de wiskunde overwegend het werk van individuen, zoals heel duidelijk te zien is aan het recente bewijs van de stelling van Fermat door Andrew Wiles.

In de natuurkunde waren statistische mechanica, thermodynamica en elektromagnetische theorie tussen 1840 en 1880 vernieuwd door grote theoretici als Helmholtz, Boltzmann en Maxwell. Omvangrijke laboratoria met minstens tien medewerkers hadden in dit vernieuwingsproces geen rol van betekenis gespeeld, al kon kleinschalig experimenteel onderzoek, zoals het levenswerk van Faraday, zeer belangrijk zijn. Afgezien van kleine, maar zeer belangrijke laboratoria als dat van Weber in Göttingen, begonnen de Duitse natuurkundige laboratoria pas in de jaren tachtig en negentig (Röntgen, Wien, Paschen, Rubens, Lummer en Pringsheim) een grote wetenschappelijke rol te spelen. Duitse laboratoria speelden wel eerder hoofdrollen in de anorganische (Bunsen in Heidelberg) en organische scheikunde (Liebig, Hofmann en Kekulé). Het laboratorium van Liebig in Giessen uit de jaren dertig was al behoorlijk omvangrijk, zoals afbeeldingen laten zien; er waren wel tien man aan het werk. Na 1870 namen de laboratoria van chemici als Baeyer en Emil Fischer de leidende positie over.

In de biologie torende de figuur van Darwin overal bovenuit, maar eerder waren er in Duitsland zeer belangrijke ontdekkingen gedaan: de plantencel (Schleiden in 1838) en de dierlijke cel (Schwann in 1839). Zoals in de wiskunde bleven de ontdekkingen in de levenswetenschappen nog lang het werk van individuele onderzoekers. In de medische wetenschap, die natuurlijk met de biologie samenhangt, hadden Pasteur en Semmelweis grote vorderingen gemaakt bij de zoektocht naar ziekteverwekkers. Medische laboratoria van enige omvang waren er echter nog nauwelijks. Dat werd aan het einde van de eeuw ook anders (Robert Koch in Duitsland).

Hoe stond het met de laboratoriumbouw in Nederland? Uit de onderwijsverslagen vanaf 1875-'76 kunnen de totalen van de uitgaven van de vier universiteiten worden afgeleid. Deze blijken samen ongeveer tweemaal zo hoog te zijn geweest als de post waaruit de nieuwe hoogleraren en de salarisverhogingen werden bekostigd. Eerder zagen we dat de salarispost van de universiteiten tussen 1876 en 1879 meer dan verdubbeld was van ruim f300.000.- tot rond f800.000.-. De resterende ruimte, ongeveer even groot als de salarisruimte, was in de eerste plaats gereserveerd voor universitaire voorzieningen als het academisch ziekenhuis (Leiden: f100.000.-, Utrecht: f36.000.-, Groningen: f7000.-) en de universiteitsbibliotheek (Leiden: f7400.-, Utrecht: f9500.-, Groningen f7000.-).

Maar er was ook gelegenheid tot andere materiële investeringen. In de eerste jaren na aanvaarding van de nieuwe wet ging het eigenlijk alleen om een nieuw Academiegebouw in Leiden (liefst f300.000.- per jaar!). Pas na rond 1880 zijn er moderne laboratoria verrezen, ook in Amsterdam.¹³ Dit was een andere weg waarlangs nieuwe mogelijkheden in Nederland werden gecreëerd om



Laboratoria van Van der Waals (1882) en Zeeman (1923) in Amsterdam

- bewust of onbewust - te concurreren met de Duitse universiteiten. In Pruisen groeide het hogeronderwijsbudget van gemiddeld 2,6 miljoen mark per jaar in 1867-'71 tot 4,3 miljoen mark in 1871-'76, 5,5 miljoen mark in 1876-'81 en bijna zes miljoen mark in 1882-'83. Het aandeel van de materiële investeringen in het budget steeg van twee procent in 1869 tot 37 procent in 1871-'76, om dan weer af te nemen tot 34 procent in 1876-'81 en 22 procent in 1882-'83.¹⁴

Nederland had, zoals gezegd, niet veel tot de grote doorbraken bijgedragen, maar het was tot rond 1870 nog relatief gemakkelijk geweest om 'erbij te komen'. Interessant is nu dat de eerste belangrijke Nederlandse bètabijdragen werden geleverd door individuele theoretici, die aan het front konden meevechten met geringe materiële hulpmiddelen: Van der Waals, Lorentz, en eigenlijk ook Van 't Hoff, De Vries en Kapteyn in hun begintijd. Later, toen in ons land nieuwe laboratoria waren gebouwd, kwamen daar onze grote experimentatoren bij: Kamerlingh Onnes en Zeeman (Eindhoven valt tussen de klein- en grootschalige stadia in). Pas rond 1900 kon Nederland zich mengen in de strijd aan de fronten over hun volle breedte en werden er Nobelprijzen gewonnen voor theoretische, kleinschalige en grootschalige experimentele prestaties.

Creatieve netwerken

Na de aanvaarding van de wet van 1876 werd een aantal jonge originele studiehoofden tegelijk hoogleraar. Hoewel er toen niet veel verandering kwam in de organisatie van de universiteiten, had de expansie ervan een sterke toename van de mogelijkheden tot onderlinge beïnvloeding tot gevolg. De tientallen jonge onderzoekers van internationaal formaat die tegen 1885 waren aangesteld, vormden - ook al door hun brede opleiding - creatieve netwerken die het beter mogelijk maakten witte plekken tussen (sub)disciplines op te vullen. Zo konden de universitaire onderzoekers elkaar op beslissende momenten op nieuwe ideeën brengen.



Laboratorium van Kamerlingh Onnes in Leiden. Het gebouw dateert van voor 1876, maar werd door Onnes in fasen na 1882 grotendeels op andere onderzoeksgroepen veroverd. In 1997 werd bekend dat de natuurkundigen het gebouw gaan verlaten.

In de jaren tachtig ontstond Van 't Hoff's osmosewet, nadat hij door de bioloog De Vries op het verschijnsel osmose in een plantencel attent was gemaakt. Van 't Hoff's wet werd vervolgens weer door De Vries toegepast bij berekeningen van osmotische druk. Lorentz kreeg zijn Nobelprijs samen met Zeeman voor zijn verklaring van experimentele resultaten van laatstgenoemde. Kamerlingh Onnes maakte van Leiden de 'koudste plek op aarde'. Dat was ondenkbaar zonder het theoretische werk van Van der Waals.

De netwerken bevatten behalve de latere Nobelprijswinnaars ook veel andere onmisbare schakels. Een typisch voorbeeld was Korteweg. Deze promoveerde bij Van der Waals, die hij later als wiskundige met zijn zogenaamde plooi-puntentheorie hielp bij de verdere uitwerking van de theorieën van zijn promotor over de fase-overgangen van vaste stof naar vloeistof en gas. Zelf was Korteweg weer de promotor van onze grootste wiskundige, Brouwer, terwijl H.J.E. Beth, de vader van onze bekendste logicus, assistent bij Korteweg was en hij Gerrit Mannoury bijles gaf, zodat deze

zich kon ontwikkelen tot de latere wiskundeprofessor en filosoof. Er waren dus niet alleen netwerken binnen een generatie, maar ook leraar-leerlingrelaties. Die konden, toen de bloeibevorderende werking van de grote structurele factoren afnam, voor enige compensatie zorgen. Zoals we later zullen zien was dat niet voldoende.

Korteweg's rede als Amsterdams rector magnificus 'Over de bloeitijd der wiskunde in Nederland' (1894) en de resultaten van zijn langdurige redactionele werkzaamheden voor de verzamelde werken van Christiaan Huygens (1900-1920) zullen velen geïnspireerd hebben. Zo komen we op een andere secundaire factor die motiverend werkte: nationalisme. Van der Waals (vooral als secretaris van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen) en Kamerlingh Onnes werden gedreven door verlangen om de Nederlandse wetenschap een woordje mee te laten spreken. Onnes' 'Huygens-laboratorium', dat alle soorten experimenteel onderzoek mogelijk moest maken, zou later uitmonden in zijn lage-temperaturenlaboratorium, dat nog later zijn eigen naam zou dragen.

Professionalisering, wetenschappelijke distinctie en sociale profilering

Zoals we zagen waren veel positieve effecten van het middelbaaren hogeronderwijsbeleid op het wetenschappelijk onderzoek niet gepland. Zelfs een visionair als Thorbecke had er geen idee van dat een aantal van 'zijn' hbs'ers natuurwetenschappelijke wereldfaam zou verwerven. Het was zelfs niet echt duidelijk voor de bestuurders die de uitbreiding van het universitair docentenkorps bewerkstelligden, dat hun nieuwe mannen zo goed zouden worden (de ogenschijnlijk uit een ander sterrenstelsel afkomstige Lorentz even buiten beschouwing gelaten).

Er waren echter nog onoverzienbaarder factoren in het spel bij het ontstaan van de Tweede Gouden Eeuw. Die kunnen grotendeels worden teruggebracht tot effecten van het spanningsveld tussen sociale afkomst en bereikbare maatschappelijke positie. We-

tenschappelijke productiviteit kan gedeeltelijk worden gezien als een gevolg van sociale ambitie. Binnen bepaalde grenzen kan de constellatie van lagere afkomst en hogere te bereiken positie een individuele onderzoeker tot grote prestaties motiveren, vooral in wiskunde en natuurwetenschappen, waar sociale afkomst bij het verwerven van een professoraat minder belangrijk is dan bij meer ‘traditionele’ disciplines.¹⁵ Als in een bepaalde periode een grotere vraag naar universitaire onderzoekers-docenten meer gevallen van sociale stijging mogelijk maakt, is er een sterker ‘motiverend klimaat’.

Voor grotere landen als Duitsland kunnen de effecten daarvan goed worden aangetoond. Daar was tussen 1810 en 1890 sprake van een sterke verhoging van de status van het universiteitsprofessoraat. Tegen 1840 konden hoogleraren bijvoorbeeld trouwen met dochters van generaals of directeuren op ministeries. Ook kregen ze steeds hogere ambtelijke titels. In 1877 mocht van de natuurwetenschappers de oude Wilhelm Weber zich als ‘Wirklicher Geheimer Rat’ als eerste ‘Excellenz’ noemen. Liebig, Helmholtz, Kekulé en Baeyer werden zelfs in de adelstand verheven. Ten slotte was er in Duitsland na 1860 sprake van forse salarisverhogingen bij gelijkblijvende prijzen. De statusverhoging leidde tot afname van het aandeel van lagere sociale groepen in de professorenpopulatie. Interessant is ook dat het aantal publicaties per onderzoeker juist tijdens bloeidecennia (vooral 1830-'39 en 1870-'79) toenam.¹⁶

In Nederland ging het in de tweede helft van de negentiende eeuw om vergelijkbare processen, al voltrokken die zich wel in een veel kleinere groep. De statusverhoging is alleen al aan de forse salarisverhogingen duidelijk af te lezen. De productiviteitsverhoging ten opzichte van eerdere generaties was ook groot (zie tabel 3). Dit is ook een indicatie voor toenemende professionalisering. Hoewel de term ‘professie’ per land verschillend kan worden gedefinieerd¹⁷ - en dus vaak te gemakkelijk wordt gebruikt - kunnen we voor Duitsland en Nederland dezelfde definitie gebruiken. Het gaat om een ontwikkeling in een reeks van beroepen die:

- gebaseerd zijn op deskundigheid, vooral van academisch niveau, die getoetst is door middel van examens en vastgelegd in overeenkomstige diploma's en graden;
- in hoge mate autonoom zijn, dat wil niet alleen zeggen dat er zeggenschap bestaat over zowel het uitdenken als het uitvoeren van het werk, maar ook dat de beroepsgroep als geheel zich onderscheidt van andere beroepen.

aIn de ideologie die door een professionele beroepsgroep ontwikkeld kan worden, staan allerlei waarden centraal. Men is primair gericht (of denkt dat te zijn) op behoeften van de gemeenschap en voelt zich gebonden aan bepaalde gedragsnormen. Het leveren van duidelijk zichtbare prestaties is een uitstekend middel om de samenleving te tonen hoe goed de plichten vervuld worden.

Ook het beroep van hoogleraar werd steeds professioneler vervuld. Het grote belang van het leveren van prestaties voor het sociale profileringsproces leidde eerst in Duitsland en daarna ook in andere landen zoals Nederland tot een organisatie van het onderzoekproces die meer prestaties, en ook betere herkenning ervan (nieuwe publicatiereeksen!), mogelijk maakte. De universitaire docenten-onderzoekers kwamen zo in een positie die nauw verwant was aan die van oudere typen professionals, zoals artsen en notarissen. Ze beschikten over theoretische kennis van academisch niveau, controleerden zelf de scholing en toetsing van nieuwkomers, hadden eigen normen (empirische en wiskundige methoden), hadden belangrijke functies voor de gemeenschap (het geven van hoger onderwijs, het doen van economisch bruikbare ontdekkingen, het verschaffen van roem en eenheid aan een land) en konden in hoge mate hun eigen gang gaan.

Statusverhoging, professionalisering en vergroting van de mogelijkheden tot sociale stijging gingen in de tweede helft van de negentiende eeuw hand in hand en leidden tot een vroege vorm van wat men tegenwoordig een 'prestatimaatschappij' noemt. De opkomende middengroepen streefden naar het instellen of uitbreiden van hoger onderwijs, dat toegang verschaftte tot de professies en dat duidelijk moest verschillen van 'lagere' opleidingen voor

lagere sociale groepen. Ook wetenschappelijk onderzoek was een zeer goed middel om dat onderscheid te accentueren. Hier werden prestaties geleverd die de onderzoekers tot een herkenbare elite maakten. Wetenschappelijke onderzoekers hadden er belang bij origineel en productief te zijn. Zo wordt de toename van het aantal historisch belangrijke wetenschappers, en dus het ontstaan van een bloeiperiode, nog begrijpelijker.

Professionalisering ging ook vaak samen met specialisatie. Er was in Nederland een sterke wisselwerking tussen de opkomst van het hogleraarschap als functie voor een toponderzoeker en het ontstaan van de onderzoekdiscipline met eigen problemen en methoden als professoraal werkterrein. Het leerstoelensysteem ging zowel de combinatie inhouden van onderwijs- en onderzoektaken in één functie, als de toewijzing van de functie aan één discipline of een afgeronde combinatie van disciplines. Dit bevorderde de didactische en onderzoektechnische beheersbaarheid van de kennis. Zo konden Van der Waals en Lorentz zich ontwikkelen als onze eerste theoretische fysici, en ook als internationale pioniers. In andere landen dan Nederland verdwenen door het specialiseringsproces de wetenschappelijke amateurs, de liefhebbers die vaak op meerdere gebieden actief waren geweest.¹⁸

Natuurlijk was een leerstoel aan een Nederlandse universiteit al eeuwen een respectabele positie. In de malaisetijd rond 1800 had die echter aan prestige verloren, vooral aan kleine universiteiten zoals die van Harderwijk. Hoewel de verbetering minder spectaculair was dan in Duitsland, werd het in de loop van de negentiende eeuw weer sociaal aantrekkelijker om professor te worden. De wet van 1876 had daar in de eerste jaren vooral invloed op via de salarisverhogingen, maar tegen 1900 was een hoogleraar een zeer prestigieuze figuur geworden, vooral door het in bredere kring bekend raken van de resultaten van het wetenschappelijk onderzoek. Dit had zijn oorsprong niet alleen in de koppeling die door politiek en lekenpubliek gemaakt werd tussen vooruitgang in de bètavakken en economische ontwikkeling. Nieuwe vondsten op die gebieden werden ook bewonderd: wat knap dat men zo iets moeilijks tot stand bracht! Het was ook prestigieuzer geworden om wiskunde te

gebruiken en jarenlang experimenten te verrichten.

Hier lijkt zich een klassiek geval te hebben voorgedaan van sociale profilering door zelfbeheersing. De grotere controle van symbolisatie- en denkvaardigheden kan gezien worden als beschaving in de zin van Elias. Er was veel zelfdiscipline nodig om een goed bètaonderzoeker te worden, al gaat het daarbij om een andere vorm van beheersing van het driftleven dan bij edellieden die zich ontwikkelen van roofridders tot hofdignitarissen.¹⁹ Ook kan deze wijze van sociaal profileren beschouwd worden als een streven naar distinctie in de zin van Bourdieu: een wetenschapper wilde beter zijn dan anderen en met zijn ontdekkingen tot een nieuwe geestesadel behoren, zoals die vooral in Duitsland was ontstaan.²⁰ Belangrijk was dat de prestaties zichtbaar waren voor andere onderzoekers en ook voor een breder publiek. Het ging niet alleen om het bewonderenswaardige van het zo perfect mogelijk hanteren van wiskundige methoden en ingewikkelde apparatuur, maar ook om de presentatie van de resultaten, vooral in publicaties.

De status van vooraanstaand onderzoeker of hoogleraar had in Nederland allerlei sociale en psychologische gevolgen. Van beide een voorbeeld: sociaal ontstond een tamelijk hechte groep, wat tot uiting kwam in huwelijken. Een dochter van Kapteyn trouwde met de Deense, in Leiden werkzame astronoom Hertzsprung, de dochter van Lorentz met de ambitieuze (zie de memoires van Casimir) De Haas, een opvolger van Kamerlingh Onnes. Korteweg leverde een ander bewijs van sociaal aanzien: hij trouwde met een barones. Zijn familie en die van zes andere van de twintig behandelde toponderzoekers lieten zich evenals talrijke industriebaronnen-families opnemen in het *Nederland's Patriciaat*.²¹

Een psychologisch gevolg van de kans op hoog sociaal prestige was de forse druk die op vruchtbaar onderzoeken en publiceren stond. Natuurlijk waren niet alle ambitieuzen even stressbestendig of getalenteerd. Elders ben ik ingegaan op het mogelijk verband tussen hogere werkdruk en sneller overlijden van Duitse bètaonderzoekers.²² Een andere samenhang lijkt mij te bestaan tussen depressieve gevoelens en het onvermogen om te bereiken wat een vader of broer lukte (zie ook hoofdstuk 6).²³

Internationale faseverschillen in bloei en verval

De besproken factoren konden bloei in de bètawetenschappen bevorderen, omdat het Nederlandse middelbare en universitaire onderwijs werd verbeterd en uitgebreid in een tijd dat elders niet of minder goed gebeurde. Terwijl de instelling in 1863 van de hbs - en vooral het hoge niveau van het op die scholen gegeven exact-wetenschappelijk onderwijs - uniek lijkt te zijn geweest naar internationale maatstaven, geldt dat in mindere mate voor de verbetering en expansie van de universiteiten en de bouw van laboratoria. In Duitsland hadden zich over een langere periode en vanaf een eerder tijdstip vergelijkbare ontwikkelingen voorgedaan. Na een periode van stagnatie tussen 1840 en 1860 groeide het bètadocentenkorps op de universiteiten in Pruisen, Beieren en de meeste kleine Duitse staten van een totaal van rond 250 in 1865 tot 500 in 1890.²⁴ De groei van het aantal professionele onderzoekers werd enigszins te niet gedaan door een veel sterkere onderwijsdruk. We zagen ook dat het Duitse onderzoek werd bevorderd door de bouw van nieuwe laboratoria en andere gebouwen. Ook daarin volgde Nederland op enige afstand.

Al bij al was de situatie in ons land rond 1880 - vooral door de kwaliteit van de hbs en de zeer snelle uitbreiding van het aantal leerstoelen - zelfs nog rooskleuriger dan in Duitsland. In Engeland en Frankrijk was de toestand bepaald minder gunstig. In Groot-Brittannië bleef het hoger onderwijs gedurende de hele negentiende eeuw kleinschalig. Zelfs het belangrijke Cavendishlaboratorium, dat relatief onafhankelijk was van de universiteit van Cambridge, kon in schaal niet vergeleken worden met een aantal nieuwe Duitse laboratoria. In Frankrijk groeide het hoger onderwijs bijna even snel als in Duitsland. Tussen 1875 en 1900 groeiden de budgetten van de Franse wis- en natuurkundefaculteiten met zeventig procent, terwijl het docentenkorps groeide van 150 tot rond vierhonderd. Deze groei vond vooral plaats in de provincie. Maar evenals in Duitsland, en even jammer voor het onderzoek, steeg het aantal studenten explosief, van rond driehon-

derd in 1875 tot 650 in 1880, 1030 in 1885 en 1278 in 1890. Een waarschijnlijk nog belangrijker negatieve factor was hier het achterwege blijven van adequate materiële investeringen tot rond 1895. In Parijs begon het bouwen eerder, maar de vele nieuwe docenten in de provincie ontbeerden goede onderzoeksfaciliteiten tot het einde van de eeuw.²⁵

Nederland stond er rond 1880 zeer goed voor. Het samenspel van liberale elite en opkomende middengroepen, van overheid en universiteiten had een zeldzaam gunstige situatie opgeleverd. Een reeks bloeibevorderende factoren was rond die tijd in werking getreden: vanaf ongeveer 1865 kwaliteitsverhoging van onderwezen informatie en verbetering van de overdracht ervan, vanaf 1875 uitbreiding van werkgelegenheid en meer mogelijkheden van docenten om onderzoek te doen, vanaf rond 1880 verbeterde laboratoriumfaciliteiten. In dezelfde periode waren er de toegenomen motivatie en grotere efficiëntie bij de wetenschapsbeoefening door specialisatie en het ontstaan van professionele functies met een geïntegreerde onderzoekstaak. Wat deden de zeer gemotiveerde jonge talenten, toen ze arriveerden in het paradijs?

Eindnoten:

- 1 Zie vooral Nico Wilterdink, *Vermogensverhoudingen in Nederland. Ontwikkelingen sinds de negentiende eeuw*, Amsterdam: Arbeiderspers, 1984, 557 p.
- 2 M. Groen, o.c. (noot 5 bij de proloog), deel 1, p. 12.
- 3 De citaten uit Tweede-Kamerstukken die volgen zijn afkomstig uit: *Verslag van de Handelingen der Staten-Generaal*, Bijlagen van de zittingen 1873-'74, 1874-'75 en 1875-'76. De Wet op het Hoger Onderwijs is gepubliceerd in het *Staatsblad* van 1876.
- 4 Zie B. Willink (1996), o.c. (noot 5 bij de proloog).
- 5 M. Groen, o.c., deel 1, p. 33.
- 6 Idem, p. 15.
- 7 Veel van het hierna gepresenteerde materiaal is afkomstig uit het archief van Senaat en Faculteiten van de Rijksuniversiteit te Leiden, Faculteit Wis- en Natuurkunde, Inv. 485, no. 257/3.
- 8 Hij voegde eraan toe dat er wel 'eene tijdsruimte van vijf jaar' was toegestaan, maar ook dat hij niet tot het einde van die periode wilde wachten. Ik heb niet kunnen vinden dat hij dat in de Tweede Kamer ook heeft gezegd, en neem dus aan dat hier een mooi voorbeeld van ondershands bloeibevorderend beleid te vinden is.
- 9 Vertaald uit: G.L. de Haas-Lorentz, 'Reminiscences', in: *H.A. Lorentz. Impressions of his Life and Work*, red. G.L. de Haas-Lorentz, Amsterdam, 1957, p. 35.
- 10 Idem.
- 11 Zie bijv. Kipnis, Yavelov en Rowlinson, *Van der Waals and Molecular Science*, o.c., p. 87.
- 12 B. Willink (1996), o.c. (noot 5 bij de proloog).
- 13 Zie ook K. van Berkel, *In het voetspoor van Stevin*, o.c., p. 139-142.
- 14 Joh. Conrad, *Das Universitätsstudium in Deutschland während der letzten 50 Jahre. Statistische Untersuchungen unter besonderer Berücksichtigung Preussens*, Jena, 1884, p. 235.
- 15 Zie voor het relateren van prestaties aan afkomst: B. Willink (1988), p. 252 e.v. Nico Wilterdink maakte me erop attent dat de Franse socioloog Pierre Bourdieu in *Homo Academicus* (1984) heeft laten zien dat in de jaren zestig van deze eeuw in Parijs hoogleraren wis- en natuurkunde van lagere sociale afkomst waren dan hoogleraren medicijnen of letteren. Op die laatste gebieden was door familie meegegeven 'cultureel kapitaal' relatief belangrijker dan in de wis- en natuurkunde, waar prestaties en talent relatief zwaarder wogen.

- 16 Zie B. Willink (1996), p. 37.
- 17 Zie B. Willink (1988), p. 294 e.v.
- 18 Zie B. Willink (1988), hoofdstuk 6.
- 19 Zie vooral Norbert Elias' hoofdwerk, *Ueber den Prozess der Zivilisation*, oorspronkelijk uit 1939, 6de druk: Frankfurt am Main: Suhrkamp, 2 delen 1978-1979, LXXXI + 332 p., resp. 491 p., ook vertaald in het Nederlands, Utrecht: Het Spectrum, Aula-boeken, 1982, 2de herziene druk 1990.
- 20 In mijn proefschrift heb ik het ontstaan van de Duitse geestesadel uitgebreider behandeld. Het werk van Pierre Bourdieu gaat bijna geheel over het ontstaan van culturele elites en verwante onderwerpen. Zie bijv. het ook in het Engels vertaalde *La distinction*, Paris: Les Editions de Minuit, 1979, 670 p., *Homo academicus*, Paris, Les Editions de Minuit, 1984, 302 p. Zie ook noot 16 bij dit hoofdstuk en *La noblesse d'état*, Paris, Les Editions de Minuit, 1989, 569 p.
- 21 Uit de genealogieën is veel interessants te halen. In chronologische volgorde van geboortedatum kan men rond de volgende plaatsen familiegegevens vinden: De Vries: jrg. 27 (1941), p. 374; Korteweg: jrg. 21 (1933/'34), p. 197; Beijerinck (in het Patriciaat gespeld als 'Beyerinck'): jrg. 10 (1919); p. 20, Van 't Hoff: jrg. 74 (1990), p. 279; Kamerlingh Onnes: jrg. 78 (1994), p. 278; Eijkman: jrg. 61 (1975), p. 74; De Sitter: jrg. 6 (1915), p. 333.
- 22 Zie B. Willink (1988), p. 213-219. Op mijn promotie werd mijn betoog bestreden door het lid van de promotiecommissie, de hoogleraar/uitgever Pierre Vinken. Die vond het bewijsmateriaal epidemiologisch onvoldoende. Het ging mij echter niet om een vergelijking van de onderzoekers met de rest van de bevolking, maar om verschillen tussen generaties onderzoekers.
- 23 Hierover had ik een discussie met Jeroen Brouwers naar aanleiding van zijn boek over de dubbele zelfmoord van Died Kortewegs broer Bastiaan en zijn vrouw Elize Baart, *Twee verwoeste levens*, Amsterdam: Bas Lubberhuizen, 1993, 101 p. Helaas is er veel materiaal uit mijn familiearchief verdwenen, maar ik denk dat er voldoende grond is voor het veronderstellen van een mogelijk motief voor Bas' zelfmoord: gevoelens van minderwaardigheid tegenover zijn briljante oudste broer, en nog steeds stukken succesvollere andere broers. Brouwers vond dit te speculatief, maar vermeldde de hypothese wel.
- 24 Christian von Ferber, *Die Entwicklung des Lehrkörpers der deutschen Universitäten und Hochschulen 1864-1954*, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 1956, p. 197.
- 25 Zie Terry Shinn, 'The French Science Faculty System 1808-1914. Institution Change and Research Potential in Mathematics and the Physical Sciences', *Historical Studies in the Physical Sciences*, vol. 10, 1979, p. 271-332, vooral p. 300 e.v., en ook de bundel *The Organization of Science and Technology in France*, red. R. Fox & G. Weisz, Cambridge & Paris: Cambridge University Press and Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, 1980, 355 p., vooral de artikelen van Karady, Lundgreen en Zwerling zijn voor dit onderwerp van belang.

II Personen en prestaties

4 De eerste lichting nieuwe genieën

Een selectieprobleem

Hoe konden talentrijke, ambitieuze studenten belangrijke onderzoekers worden? We gaan ons nu verdiepen in de effecten van het voor het Nederlandse onderzoek gunstige complex van factoren - het 'macroklimaat' - op het 'heuristisch microklimaat' van de individuele wetenschapper. In de volgende hoofdstukken volgen biografische schetsen, zoveel mogelijk vanuit de in deel 1 gepresenteerde gezichtspunten. Onvermijdelijk was er het probleem van de selectie. Natuurlijk konden geen levensbeschrijvingen worden opgenomen van het honderdtal onderzoekers aan wie inmiddels min of meer serieuze biografische aandacht is geschonken. Dat gebeurde niet alleen in monografieën over personen,¹ maar ook in overzichten van de geschiedenis van disciplines en instellingen in Nederland.²

Bij de keuze van de twintig hoofdfiguren die hierna de revue passeren, heb ik een aantal criteria gehanteerd. De Nobelprijswinnaars moesten zeker besproken worden. Inclusief Zernike, die veel later dan zijn tijdgenoten werd bekroond, en de aard- en ruimteonderzoekers Vening Meinesz en Oort, die de met de Nobelprijs gelijk te stellen Vetlesenprijs kregen, waren dat er tien. Ik heb daarnaast nog tien anderen uitgekozen. In de tweede plaats lijken de wetenschapshistorici het erover eens dat de bloeiperiode na 1870 in de eerste plaats de natuur- en sterrenkunde gold. De meesten van mijn toppers zijn ook uit die vakgebieden afkomstig. Bij een beperking van het aantal biografieën tot twintig leidde dat onvermijdelijk tot het niet-opnemen van enkele vooraanstaande

onderzoekers uit andere vakgebieden, zoals de chemicus Bakhuis Roozeboom.³ Ook zijn er nog topfysici afgevallen, zoals Kamerlingh Onnes' opvolgers Keesom en De Haas. Ik heb in de derde plaats geprobeerd de personen enigszins te spreiden over de verschillende universiteiten. Leiden en Amsterdam zijn bijna vanzelfsprekend prominent, maar ook Utrecht (dat het meest op de voorgrond trad in de periode die voorafging aan die van de Nobelprijswinnaars), Groningen en Delft komen aan bod.

Een heel ander probleem betrof de emigranten en immigranten. Als een belangrijk in Nederland geboren of getogen onderzoeker zijn voornaamste werk buiten ons land tot stand bracht, heb ik hem niet opgenomen. Zo vielen aan het begin van de behandelde periode Stieltjes en Röntgen af, en later een stoet van grote geleerden, zoals de fysici Goudsmit en Uhlenbeck, de bioloog Niko Tinbergen en de astronomen Kuiper en Van Maanen. Hier is speciaal een apologie noodzakelijk voor het niet-opnemen van Debije (1884-1966), omdat die wel de Nederlandse nationaliteit had toen hij in 1936 een Nobelprijs ontving. Hij is echter na zijn middelbareschooltijd naar Duitsland vertrokken, waar hij als fysicus werd gevormd door Sommerfeld in Aken en München. In 1914 kwam hij nog even terug als hoogleraar in Utrecht om daarna weer naar Duitsland terug te keren. Na de machtsovername van Hitler volgde er een onverkwikkelijke episode in zijn leven. Hij volgde Einstein in Berlijn op om pas in 1940 naar Amerika te vertrekken, waar hij hoogleraar aan Cornell University werd. Hij is vooral bekend geworden door zijn theorie van de zogenaamde diëlektrische constante.

Ook voor de immigranten ben ik misschien hard geweest. Al in de negentiende eeuw waren er wetenschappers van faam die in Nederland kwamen werken, zoals de Utrechtse en later Berlijnse fysioloog Engelmann. In onze eeuw zwol de stroom bijna even snel aan als die van Nederland naar het buitenland: Lorentz' opvolger Ehrenfest, de astronomen Hertzsprung en Minnaert. Bijna niemand weet dat er ook een Nobelprijswinnaar bij zat: de bij Philips werkzame Duitse fysicus Gustav Hertz (1887-1975).

In de volgende korte biografieën komen de sociale achtergron-

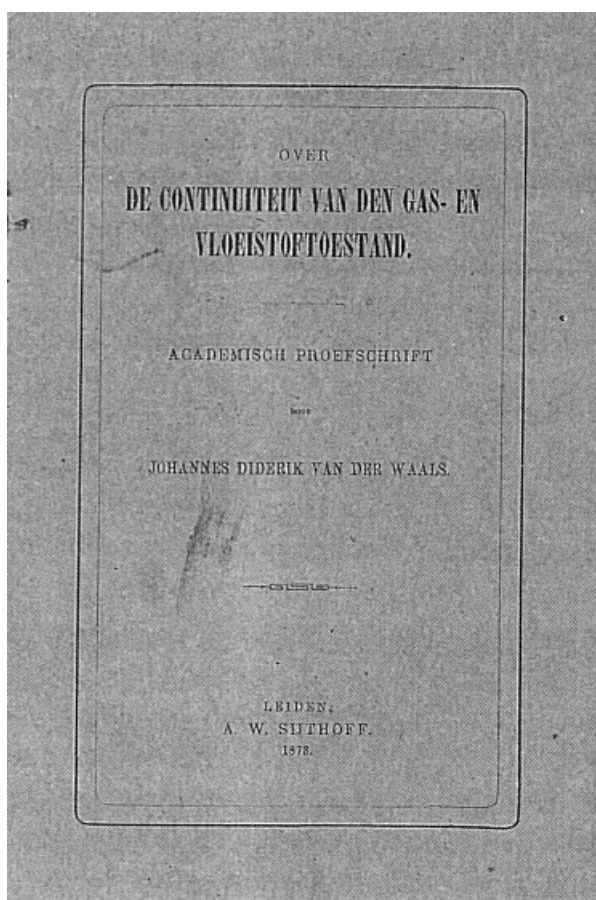
den en carrières van de twintig geselecteerden aan de orde. Bij elke onderzoeker beschrijf ik een karakteristieke prestatie en ten slotte de biografische literatuur en het archiefmateriaal. Dirk van Delft heeft er recent de aandacht op gevestigd dat er biografieën ontbreken van veel belangrijke onderzoekers.⁴ Dat onderwerp verdient het om tamelijk uitgebreid te worden behandeld. In dit hoofdstuk gaat het om de eerste generatie toponderzoekers. Klaas van Berkel stipte reeds aan dat zovelen van hen kort voor of na 1850 geboren werden. Dat komt ook uit de lijst van de Nobelprijswinnaars en andere behandelde toponderzoekers naar voren. Op Van der Waals na is de hele groep uit hoofdstuk 4 geboren tussen 1848 en 1860. In hoofdstuk 5 is de spreiding van de geboortejaren in de tijd veel groter, en heb ik een grens getrokken bij 1900. Het gaat bij deze tweede groep om een volgende generatie, globaal te karakteriseren als ‘de leerlingen’ (en de leerlingen van de leerlingen). In hoofdstuk 5 gaan we in op hun van de pioniers afwijkende antecedenten.

Van der Waals (1837-1923)

Zelden zal er in Nederland een onderzoeker hebben rondgelopen met zo veel doorzettingsvermogen als Johannes Diderik van der Waals. Met ijzeren volharding wist hij een Nederlands sociaal equivalent te bereiken van de carrière van krantenjongen tot miljonair. Zijn afkomst en geboortjaar wijken af van de rest van de in dit hoofdstuk beschreven wetenschappers. Van der Waals werd elf jaar geboren voor De Vries, die op zijn beurt snel werd gevolgd door een heel cohort van grote mannen. Hij ging niet naar de hbs, maar als timmermanszoon naar de mulo. Daarna zette een onstuitbare sociale stijging in. Vanaf 1856 - Van der Waals was toen negentien en leerling-onderwijzer - hield hij het zeventien jaar vol om alle onderwijzers- en leraarsaktes te halen die haalbaar waren, van de Akte van Bekwaamheid als onderwijzer via een reeks aktes voor het leraarschap in Duits, Frans en ook wiskunde en natuurwetenschappen naar de diploma's die hem in staat stelden, leraar

aan een hbs te worden. In 1864 behaalde hij de Akte A, die hem gelijkstelde met studenten die een universitair kandidaats hadden. Door een blunder van zijn latere promotor Rijke ging een wiskundeleraarschap in Deventer aan zijn neus voorbij, maar toen hij op 12 augustus 1865 slaagde voor de Aktes B en C, was hij op één niveau gekomen met houders van een doctoraat in de wis- en natuurkunde. Volgens Kamerlingh Onnes was Van der Waals de enige die de Akte C ooit haalde.⁵ Dit maakte het mogelijk dat hij hbs-leraar werd, eerst in wiskunde, later in natuurkunde, en ten slotte directeur van de hbs in Den Haag. Een nieuwe biografie maakt plausibel dat hij als leraar veel mogelijkheden had om in het hbs-laboratorium proeven te doen, waardoor hij behoorlijk wat ervaring met de experimentele kant van de natuurkunde opdeed.⁶ In 1866 maakte het leraarschap in Den Haag en dispensatie van de studie Grieks en Latijn het Van der Waals ook mogelijk om in zijn vrije tijd officieel te gaan studeren in Leiden, bij Rijke, Kaiser, Bierens de Haan en Van Geer. Hij moet daar de collegebanken hebben gedeeld met Lorentz en Van 't Hoff, maar heeft met hen geen kennisgemaakt. In Den Haag was hij intussen lid geworden van Diligentia, waar wetenschappelijke lezingen werden gehouden en waar hij ook in contact kwam met Bosscha, die hem veel geleerd moet hebben.

Nadat hij in 1871 zowel zijn kandidaats als zijn doctoraal had behaald, werd in 1873 opnieuw een mijlpaal bereikt. Weinig Nederlandse proefschriften hebben zo veel opzien gebaard als dat van de (reeds) vijfendertigjarige Van der Waals. Binnen korte tijd is het tot in het buitenland bekend geworden, ondanks het feit dat het in het Nederlands was geschreven. De promotieplechtigheid was van een schokkende soberheid en leek meer op de uitreiking van een leraarsakte. De internationale bekendheid was mede het gevolg van Maxwells vroege recensie. Lang heeft men zich blindgestaard op de positieve zinswendingen in Maxwells stuk waarmee we de proloog aanvingen, maar inmiddels is duidelijk dat er ook onverbloemde kritiek werd geuit op Van der Waals' nogal speculatieve bewijsvoering. Het proefschrift vertoonde nog een beetje de



Voorplat van het proefschrift van Van der Waals (1873)

sporen van het bij Van der Waals en zijn leraren nog aanwezige Nederlandse halfamateurisme. Er worden wiskundige bewerkingen en berekeningen gemaakt die in de grote buurlanden wellicht niet aanvaard zouden zijn. Pas de enigszins aangepaste Duitse editie van het proefschrift uit 1881 leidde de periode in, waarin Van der Waals uitgroeide tot een erkende coryfee.

Het is de vraag of die editie er gekomen zou zijn, als Van der Waals in de tussentijd geen hoogleraar was geworden. Eerst nog werd hij in 1875 lid van de Koninklijke Akademie en in 1877 hbsdirecteur in Den Haag, waardoor zijn jaarsalaris steeg naar 3500 gulden. Toen de nieuwe hogeronderwijswet het Amsterdamse

Athenaeum verhiel tot universiteit, was men daar zo kien Van der Waals een nieuw hoogleraarschap aan te bieden tegen een salaris van 5000 gulden. In Leiden wilde men hetzelfde doen, maar de ambtelijke rompslomp (anders dan in Amsterdam moest de minister zijn goedkeuring aan de benoeming hechten) vertraagde de aanbieding. Van der Waals nam het Amsterdamse aanbod aan en hield zeer correct vast aan zijn acceptatie, waardoor de Leidse leerstoel naar de inmiddels gepromoveerde Lorentz ging. Deze waardige strijd beleefde in 1882 een reprise. Opnieuw weigerde Van der Waals naar Leiden te komen. Nu werd Kamerlingh Onnes benoemd.

Ondanks de bedenkingen van Maxwell en anderen tegen de formele correctheid van redeneringen in het proefschrift, was het toch ook al snel duidelijk dat het, in samenhang met een nadrukkelijk atomistische visie, een briljante fysische intuïtie demonstreerde die leidde tot mooie, en uiteindelijk in hoge mate als juist te betitelen resultaten. Wat waren die resultaten? Velen zullen zich van de middelbare school de wetten van Boyle en Gay Lussac (in andere landen naar Boyle en Charles genoemd) herinneren. Deze hebben betrekking op volume, druk en temperatuur van ideale gassen en gelden niet voor vloeistoffen en de ingewikkelde situatie die ontstaat in de overgangsfase tussen gas en vloeistof.

Wet (Toestandsvergelijking) van Van der Waals

Uitgaande van een belangrijk artikel van de Duitse fysicus Clausius uit 1857 kwam Van der Waals in de eerste helft van zijn proefschrift tot een algemene wet voor de relatie tussen druk, volume en temperatuur van een stof tijdens zowel de gas- als de vloeistoffase.

De wet van Boyle-Gay Lussac:

1. $pV = RT$ (p = druk, V = volume, T = temperatuur, R = een constante)

kan worden afgeleid met behulp van de kinetische gastheorie, die door Clausius en anderen was ontwikkeld en die uitgaat van het gedrag van hypothetische moleculen in een vat. Omdat het om zeer grote aantallen moleculen gaat, speelde statistiek een centrale rol. Toch konden niet-statistische wetten, zoals die van Boyle-Gay Lussac, met de kinetische gastheorie worden verklaard.

Er werd in de verklaarde wet en verklarende theorie geen rekening gehouden met de omvang van de moleculen en hun onderlinge aantrekking. Met zijn vergelijking voorzag Van der Waals in de leemte.

$$2. (p + a/V^2) (V - b) = RT$$

Nu is vergelijking 1. uitgebreid. De druk p is vermeerderd met: a/V^2 , een maat voor de onderlinge moleculaire aantrekkingskracht. En het volume is verminderd tot $V - b$, waarbij b viermaal het eigen volume is van de bolvormig gedachte moleculen

In de tweede helft van zijn proefschrift toonde Van der Waals aan dat uit zijn nieuwe vergelijking de experimentele gegevens over het gedrag van gassen - ook tijdens de overgang naar de vloeistoffase - veel beter af te leiden zijn dan uit de wet van Boyle-Gay Lussac. Bovendien loste zijn wet een netelig probleem op: elk gas kent een ‘kritische temperatuur’, waarboven het niet vloeibaar kan worden gemaakt, hoe hoog men de druk ook opvoert. Beneden die temperatuur treedt condensatie tot vloeistof op. Met behulp van de toestandsvergelijking kan nu het optreden van een kritische temperatuur voorspeld worden. Ten slotte was er nog een spectaculair resultaat: Van der Waals berekende het gewicht van een waterstofatoom en de diameters van de moleculen van een aantal stoffen. Deze waarden komen goed overeen met de tegenwoordig bekende waarden. Helaas werden deze berekeningen, in die tijd bijna vanzelfsprekend, met grote scepsis ontvangen.

In Amsterdam moest Van der Waals college geven aan hoofd- en bijvakstudenten. Hij was een geïnspireerd docent, maar wel wat nerveus en niet zo gepolijst als zijn collega Lorentz. Een student over een college in 1896, waarin hij onder applaus binnenkomt: ‘De kleine, groote man, in gekleede jas, liggenden boord, met zwart dasje, het toen reeds spierwitte haar, een kort wit volbaardje om de kin, stapte driftig binnen, liep naar zijn stoofje en blikte van over zijn katheders enigszins ongeduldig in het rond, de wenkbrauwen fronsend, ettelijke rimpels op het geelachtig voorhoofd en op de wang, convergeerend naar de ogen.’⁷

In 1877 bedroeg het aantal hoofdvakstudenten aan de nieuwe wis- en natuurkundefaculteit slechts acht. Dat bleven zeer kleine aantallen tot rond 1882. Wel waren er enige tientallen, later zelfs meer dan honderd, medische studenten die practica natuurkunde volgden voor hun propedeuse-examen. Toch zal het vooral de eerste jaren voor een vroegere hbs-leraar als Van der Waals, die een week lesgeven gewend was, niet al te moeilijk geweest zijn om deze onderwijslast te combineren met de voortzetting van zijn onderzoek. Na zijn promotie had hij dat een aantal jaren laten liggen, volgens zijn biografen ook omdat hij wat teleurgesteld was door de lauwe ontvangst. In ieder geval werkte hij na 1877 aan de succesvolle Duitse editie en aan een generalisatie van de toestandsvergelijking die als ‘Wet der overeenstemmende toestanden’ (1880) bijna even befaamd is geworden en die in het onderzoek van Kamerlingh Onnes later een grote rol speelde.

Toen de studentenaantallen eind jaren tachtig sterk stegen, kwamen er nieuwe docenten: Julius (zie ook hoofdstuk 7), Sissingh (die betrekkelijk jong stierf) en Zeeman (zie hoofdstuk 5). In de jaren tachtig was zijn onderzoeksproductiviteit gaan haperen. Daar was behalve de onderwijsdruk nog een andere oorzaak voor. Eind 1881 overleed Van der Waals' vrouw op pas vierendertigjarige leeftijd aan tuberculose en bleven de gordijnen aan de P.C. Hooftstraat vele jaren dicht. Na langdurig aandringen van Kamerlingh Onnes begon hij tegen 1890 weer te publiceren en kon kennis worden genomen van twee belangrijke theorieën: die over de binaire mengsels en in 1893 de thermodynamische theorie van de



Van der Waals rond 1910

capillariteit (dunne buizen). Dat was zijn laatste belangrijke werk. Hij was toen 57 jaar oud. Hij werd 87.

Van der Waals was als onderzoeker een echte theoreticus. In 1882 was er een laboratorium voor hem gebouwd (zie hoofdstuk 3), maar daar werd vooral geëxperimenteerd door zijn assistenten ten behoeve van de practica. De eerdere hbs-interesses hebben geen vervolg gekregen in het mooie nieuwe lab. Kox schrijft: ‘Zijn experimenteel-natuurkundige activiteiten beperkten zich tot het spelen van een incidentele partij biljart.’⁸ Als theoreticus boekte hij echter belangrijke resultaten, al lukte het hem ondanks vele pogingen niet zijn toestandsvergelijking te verbeteren.

In alle stadia van zijn leven probeerde Van der Waals het maximale effect uit zijn welgekozen functies te halen. Zijn plichtsgevoel als hbs-leraar en hoogleraar was spreekwoordelijk. Zeer veel werk heeft van der Waals verzet voor de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Van 1896 tot 1912 was hij secretaris

en probeerde hij de Nederlandse wetenschap op alle mogelijke en onmogelijke manieren vooruit te brengen. Zeer belangrijk is zijn initiatief geweest om een aantal publicatiereeksen van de Akademie op te zetten, maar hij was ook als adviseur van de regering en talloze andere instanties bijzonder actief.

In 1908 ging hij met emeritaat en werd hij opgevolgd door zijn zoon en door Zeeman. In 1910 volgde dan de Nobelprijs, de definitieve bekroning van zijn carrière. Hij nam de prijs nog zelf in ontvangst, al was zijn gezondheid niet goed meer. In Stockholm zorgde zijn zoon voor de smalltalk met de koninklijke familie. De zware klap van het overlijden van zijn dochter, de dichteres Jacqueline (zie ook hoofdstuk 6), in 1922, bespoedigde het einde van zijn eigen leven.

Archiefmateriaal en literatuur

Er is niet veel over van Van der Waals' persoonlijke nalatenschap, die wordt bewaard op het Van der Waals-laboratorium van de universiteit van Amsterdam: enige brieven en krantenknipsels. Wat er is, wordt te zijner tijd waarschijnlijk overgebracht naar het Rijksarchief in Haarlem.

Eerdere overzichtspublicaties over Van der Waals in het Nederlands: A.J. Kox: 'Johannes D. van der Waals (1837-1923). De realiteit van atomen', in: *Van Stevin tot Lorentz. Portretten van Nederlandse natuurwetenschappers*, (red. A.J. Kox & M. Chamalaun), Amsterdam: Intermediair, 1980 (herdruk Amsterdam: Bert Bakker, 1990), 238 p., p. 149-161; A.J. Kox, 'Johannes Diderik van der Waals (1837-1923). Theoreticus van de Amsterdamse natuurkunde', *Een brandpunt van geleerdheid in de hoofdstad. De universiteit van Amsterdam rond 1900 in vijftien portretten* (red. J.C.H. Blom e.a.), Hilversum/Amsterdam: Verloren, 1992, 345 p., p. 201-212.

De naar het toeschijnt definitieve biografie is: A. Ya. Kipnis, B.E. Yavelov, J.S. Rowlinson, *Van der Waals and Molecular Science*, Oxford: Clarendon Press, 1996 (de oorspronkelijke Russische editie was van 1985), 313 p.

De Vries (1848-1935)

Van der Waals en De Vries waren de oudste vertegenwoordigers van de Tweede Gouden Eeuw. Ze contrasteerden onderling echter zeer sterk in hun sociale achtergronden. In dat opzicht vertegenwoordigden ze elk een extremum, waar alle volgende groten van de geest ruim tussen pasten. Hugo de Vries kwam uit de top van de Nederlandse samenleving. Zijn vader werd in 1862 lid van de Raad van State. In 1872 vroeg koning Willem III hem een kabinet te formeren, waarin hij zitting zou hebben als minister van Justitie. De voorvaderen De Vries waren doopsgezind en dus in de zeventiende en achttiende eeuw niet verkiesbaar voor een functie in het openbaar bestuur. Zoals vaker gebeurde, hadden ze zich via de overblijvende weg van het koopmanschap opgewerkt tot de elite. Het negentiende-eeuwse patriciaat telde verschillende andere notable familieleden, behalve de minister bijvoorbeeld de bekende Leidse professor van 'De Vries en Te Winkel', De grootvader van moeders zijde was Jacob Christiaan Reuvers, de eerste Leidse hoogleraar archeologie.

De latere botanicus De Vries begon al op de lagere school rond Haarlem planten te verzamelen. Na de benoeming van zijn vader tot staatsraad kwam hij van het Haarlemse op het Haagse gymnasium. Ook hierin was hij een buitenbeentje onder onze toponderzoekers. In 1866 ging hij in Leiden studeren en werd W.F.R. Suringar (1832-1898), een belangrijk plantensystematicus, een van zijn leermeesters. Het was een beetje tragisch dat het wetenschappelijk klimaat net in die tijd omsloeg, zodat De Vries, evenals iets later de jonge Beijerinck, bij Suringar aan het verkeerde adres was. De jongeren vroegen om de evolutietheorie en experimenten. In beide zag Suringar niets. Volgens sommigen ontwikkelden zich tussen hem en De Vries grote spanningen. Als jong onderzoeker begon De Vries nog wel in Leiden met experimenten over de invloed van de temperatuur op plantenwortels. Het resulterende essay werd in 1869 met een gouden medaille bekroond door de universiteit van Groningen. In 1870 promoveerde De Vries zelfs nog in Leiden op een uitwerking ervan, waarbij hij als waarschijn-

lijk eerste in Nederland een stelling over het darwinisme had opgenomen. Na de heftige promotiediscussie vertrok hij naar Duitsland waar hij in Heidelberg college volgde bij Bunsen en Helmholtz, en werkte in het botanisch laboratorium van Hofmeister.

Echt in zijn element was De Vries pas bij Julius Sachs in Würzburg, de belangrijkste onder de plantenfysiologen. In Heidelberg had De Vries al belangrijk onderzoek gedaan naar de halfdoorlaatbaarheid van het protoplasma van de plantencel. In levende cellen laat het protoplasma selectief stoffen door die in water zijn opgelost. Zo kan via celwand en protoplasma water worden doorgelaten tot in de vacuole in het hart van de cel, waardoor de cel opzwellt (de zogenaamde turgordruk). In Würzburg ontdekte hij de verschijnselen ‘epinastie’ en ‘hyponastie’: in sommige gevallen groeit de bovenkant van een blad sneller, in andere de onderkant.

In 1871 wordt De Vries op aandringen van zijn vader hbs-leraar in Amsterdam. Zo hoog stond het nieuwe schooltype nu aangeschreven dat een typische vertegenwoordiger van de ‘geleerde stand’ zijn gymnasiastenzoon een leraarschap kon aanbevelen. Zoonlief zelf had echter gemengde gevoelens. Bij het aanbreken van de vakanties nam hij zo snel mogelijk de trein naar Würzburg om op de laatste dag pas terug te keren. In 1875 kon Sachs bewerkstelligen dat De Vries een opdracht kreeg om voor het Pruisische ministerie van Landbouw overzichten te schrijven over nuttige gewassen. Zo ontstonden uitgebreide studies over rode klaver (1877), aardappel (1878) en suikerbiet (1879). Inmiddels kon hij een *Habilitationsschrift* schrijven (het dikkere tweede proefschrift dat nodig was en is om in Duitsland aan een universiteit les te mogen geven). In dit boek (*Untersuchungen über die mechanischen Ursachen der Zellstreckung* uit 1877) vatte hij zijn Duitse onderzoek samen en beschreef hij de ontdekking van de ‘plasmolyse’: bij het toevoegen van een zoutoplossing om de turgordruk in cellen te neutraliseren bleek het protoplasma bij een bepaalde concentratie los te laten van de celwand.

De colleges als privaattoecent in Halle waren geen succes, maar de uitbreiding van het hoger onderwijs in Nederland bood ook De Vries soelaas. Al in 1877 offereerde de nieuwe universiteit van

Amsterdam hem een lectoraat, en in 1878 een professoraat. Hij werd ook meteen lid van de Koninklijke Akademie. In tegenstelling tot Van der Waals nam De Vries niet de tijd om wat op adem te komen. Hij vervolgde zijn onderzoek aan de plantencel en ontdekte nu onder andere dat het optreden van plasmolyse varieerde met het moleculair gewicht van de stoffen in de zoutoplossing. Toen tijdens een vergadering van de Koninklijke Akademie bleek dat het moleculair gewicht van raffinose nog niet bekend was, verliet De Vries de vergadering om even later na een plasmolyseproef met de uitkomst terug te keren. Het misschien wel mooiste voorbeeld van samenwerking tussen twee toponderzoekers uit de Tweede Gouden Eeuw was de wederzijdse beïnvloeding van De Vries en Van 't Hoff.

De Wet van de isotonische coëfficiënten

Na zijn aantreden als hoogleraar in Amsterdam rondde De Vries zijn plantenfysiologische werk af met de publicatie van een biologische wet. In eerdere experimenten had hij gevonden dat, als een plantencel in een steeds sterker gemaakte zoutoplossing wordt gelegd, het protoplasma op een bepaald moment van de celwand loslaat. Hij noemde dit verschijnsel plasmolyse. In deze toestand zijn de osmotische druk van de zoutoplossing (er gaat water door de celwand heen, zodat deze onder spanning komt te staan) en van de inhoud van de cel gelijk. Dit noemde De Vries isotonie. Hij bepaalde nu de concentratie van de zoutoplossing en berekende de 'isotonische coëfficiënt' ervan: driemaal de concentratie van het als norm gekozen salpeter (KNO_3) gedeeld door de concentratie van de onderzochte zoutoplossing.

Het bleek nu, dat isotonische coëfficiënten altijd een (bijna) geheel getal tussen 2 en 5 als waarde hebben, bijvoorbeeld bij organische zuren 2, bij zouten met één kalium- of natriumatoom 3, met twee alkali-atomen 4, met drie alkali-atomen 5.

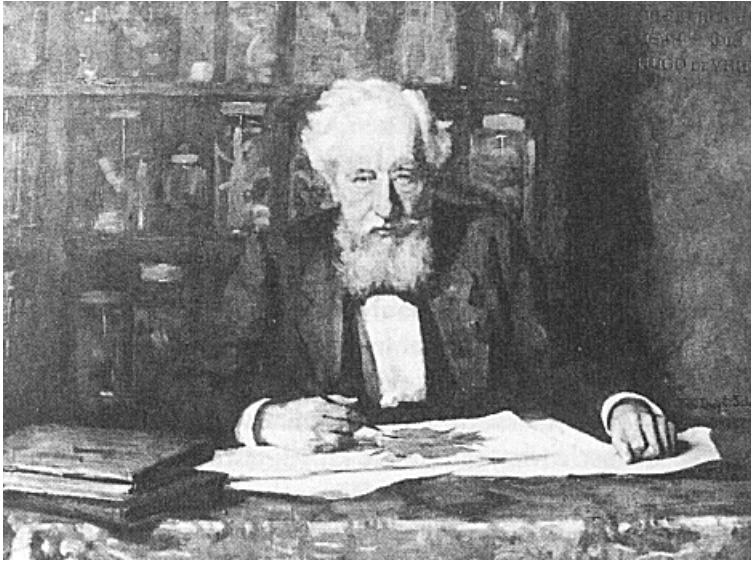
Van 't Hoff werd door dit resultaat geïnspireerd tot zijn fysisch-chemische onderzoek naar osmose. Hij paste de wetten van de thermodynamica toe en leidde af, dat de bij Van der Waals be-

sproken Wet van Boyle-Gay Lussac ook opging voor verdunde oplossingen. Dit resultaat gebruikte De Vries weer voor de berekening van de totale osmotische druk in plantencellen.

Een andere onderzoeker die De Vries' wet toepaste, was de Groningse hoogleraar fysiologie Hartog Jager Hamburger. Hij deed onderzoek naar isotonie bij dierlijke cellen. Nadat rode bloedlichaampjes in een oplossing waren gebracht waarin ze barstten, kon de hoeveelheid naar buiten gekomen rode kleurstof gebruikt worden voor een nieuwe definitie van het verschijnsel plasmolyse. Zo kon het isotonieonderzoek op een ander terrein worden voortgezet.

Rond 1890 hield De Vries vrij abrupt op met de plantenfysiologie. Wellicht was hij wat geschrokken van Van 't Hoff's superieure inzicht in belangrijke verschijnselen als osmotische druk. Belangrijker was nog dat hij zich meer wilde bezighouden met vraagstukken waarvan de oplossing directer maatschappelijk nut beloonde, zoals de teelt van betere gewassen. Hij had zich inmiddels al een jaar of tien verdiept in de problemen rond erfelijkheid en evolutie, en publiceerde in 1889 *Intracellulaire Pangenesis*. Hij werkte in dit boek Darwins theorie uit dat kiempjes (pangen) in de geslachtscellen het totale scala aan erfelijke factoren bepalen. Bij celdeling zouden ook de pangen zich delen en zo van moeder- op dochtercellen overgaan. De Vries borduurde ook voort op een ontdekking van Strasburger uit 1888 door de verwachting uit te spreken dat later onderzoek zou kunnen aantonen dat de erfelijke factoren op de chromosomen gelokaliseerd zijn. Terwijl in De Vries' theorie de ongewijzigde pangen de soort in haar wezenlijke eigenschappen laten voortbestaan, waren gewijzigde pangen verantwoordelijk voor soortverandering. In de jaren negentig voerde De Vries hiervoor het begrip 'mutatie' in.

Om de soortverandering op het spoor te komen, moet men zeer nauwkeurig exemplaren van eenzelfde soort vergelijken. Mutaties kunnen miniem zijn: een verschil in bladvorm, bloemkleur of stengelvorm. Door kruisingen kan men aantonen of eigenschappen onafhankelijk en ongedeeld overerven. In 1886 had De Vries



De Vries, geschilderd door Thérèse van Duyl-Schwartz (1918)

bij toeval in de buurt van Hilversum een terrein ontdekt waar veel exemplaren van de Grote Teunisbloem (*Oenothera lamarckiana*) bloeiden, waaronder een aantal met een duidelijk afwijkende vorm. In zijn proeftuin produceerden het zaad dat hij had meegenomen en de uit meegenomen rosetten opgekomen planten een groot aantal nieuwe vormen. De Vries nam aan dat het om nieuwe soorten ging, die het gevolg van mutatie waren. Hij vatte zijn onderzoek samen in het dikke tweedelige *Die Mutationstheorie* (1901-1903).

Intussen had hij bij kruisingsproeven ontdekt dat bastaarden van de papaverplant eigenschappen in bepaalde vaste verhoudingen overerfden. Toen hij in 1900 ontdekte dat Mendel deze kruisingswetten eerder had gepubliceerd, vatte hij de resultaten snel in twee artikelen samen.

Met zijn mutatietheorie had De Vries wereldroem bereikt. In Europa en Amerika werd hij gevierd als de belangrijkste bioloog van zijn tijd. Reeds in zijn eigen tijd werden echter zwakke plekken in het kolossale oeuvre ontdekt. Later werd steeds duidelijker dat het

gedrag van de Grote Teunisbloem niet tot nieuwe soorten bleek te leiden en ook niet werd veroorzaakt door mutaties. De Vries ging er legitiem van uit dat de wetten van Mendel een bewijs waren voor het bestaan van de pangenen. Hij vond alleen dat we ons daar niet blind op moesten staren en dat er meer was: er worden ook nieuwe soorten gevormd en daarbij gelden de wetten van Mendel niet. Hij zocht naar bewijsmateriaal voor soortvorming door interne mutaties. Alleen langs die weg was evolutie mogelijk. Zo kwam hij op een theorie die afweek van die van Darwin, waarin de natuurlijke selectie onder invloed van de omgeving centraal staat. Soorten waren voor De Vries genetisch homogeen en niet via de door Darwin beschreven processen te veranderen. Dat bleek geen goede inschatting te zijn. De kritiek tast zijn status als onze grootste bioloog niet echt aan. Zijn plantenfysiologische werk staat nog als een huis en het bestaan van mutaties en hun rol in de evolutie zijn inmiddels, Teunisbloem of niet, vaststaande feiten.

In 1918 ging de grote botanicus met emeritaat. Hij trok zich terug op twee landgoederen op de Veluwe, waar hij tot zijn dood in 1935 voortging met het kweken van Teunisbloemen. Met universiteit en Akademie had hij geen contact meer, maar hij werd tot het laatst bezocht door zijn leerlingen en buitenlandse bewonderaars.

Archiefmateriaal en literatuur

De persoonlijke nalatenschap van De Vries bevindt zich in de bibliotheek van het Biologisch Centrum van de Universiteit van Amsterdam. De inventaris is gepubliceerd in: E.J.A. Zevenhuizen, *De Wereld van Hugo de Vries*, Amsterdam 1996, 238 p.

De eerste wetenschappelijke biografie is: P.H.W.A.M. de Veer, *Leven en werk van Hugo de Vries*, Groningen: Wolters Noordhoff, 1969, 252 p. Volgens latere onderzoekers schiet dit boek op veel punten tekort. Een recente korte biografie is: R.P.W. Visser, 'Hugo de Vries (1848-1935). Het begin van de experimentele botanie in Nederland', in: *Een brandpunt van geleerdheid in de hoofdstad. De Universiteit van Amsterdam rond 1900 in vijftien portretten* (red. J.

C.H. Blom e.a.), Hilversum/Amsterdam: Verloren, 1992, 345 p., p. 159-178. Drie overzichtsartikelen van Bert Theunissen over De Vries en o.a. zijn relatie tot Mendel en Darwin: 'De beheersing van mutaties. Hugo de Vries' Werdegang van fysioloog tot geneticus', *Gewina*, jrg. 15, 1992, p. 97-115; 'Closing the Door on Hugo de Vries' Mendelism', *Annals of Science*, jrg. 51, 1994, p. 225-248.; en: 'Knowledge is Power: Hugo de Vries on Science, Heredity and Social Progress', *The British Journal for the History of Science*, jrg. 27, 1994, 291-311. In 1993 werden zo'n vierhonderd brieven van De Vries aan zijn Groningse collega Moll gevonden. Omdat De Vries zelf veel had weggegooid, is de vondst van de brieven aan Moll een buitenkans. Zie: Ida Stamhuis, 'De doos van Pandora', *Gewina*, jrg. 19, 1996, p. 95-98. Aan de Universiteit van Amsterdam werkt de opsteller van de inventaris van het De Vries-archief, Erik Zevenhuizen aan een nieuwe biografie als proefschrift.

Korteweg (1818-1941)

Tijdens een vliegreis in juni 1995 kreeg ik een exemplaar van *De Telegraaf* in handen. Tot mijn verbazing stond er een artikel van een halve pagina in met de titel 'Wiskundig "Doornroosje" ontwaakt door computer'. Het was gewijd aan Korteweg en de KdV-vergelijking. Korteweg bleek terug te zijn als een van de bètaberoemdheden. Dat was bij deskundigen al in de jaren tachtig gebeurd, maar in de necrologie voor de Koninklijke Akademie (1945) noch onder het lemma 'Korteweg' in de *Dictionary of Scientific Biography* (1970) werd de prestatie genoemd die hem nu beroemd heeft gemaakt.

Diederik Johannes Korteweg werd een maand na Hugo de Vries in 1848 geboren. Zijn vader was arrondissementsrechter in 's-Hertogenbosch en hoofdbestuurslid van de Nederlandse vrijmetselarij. De familie had zich in Brabant langzaam opgewerkt. De zonen van rechter Korteweg zouden het emancipatieproces voltooien. Drie van hen werden belangrijke geleerden: Died was de oudste, Johan werd hoogleraar chirurgie en was de eerste in Nederland die

bij operaties de kleinste haarvaten dichtbond (volgens familieoverlevering kon hij niet tegen bloed) en Piet, de vader van de kankeronderzoeker Remmert en de schilder Adriaan, maakte naam als malariaonderzoeker. Tussen Died en Johan was er Bastiaan, die in 1879 samen met zijn vrouw zelfmoord pleegde. De schrijver Jeroen Brouwers wijdde er een boek aan.⁹ Een motief kan zijn geweest dat Bas zich tussen zijn succesvoller broers zeer gefrustreerd zal hebben gevoeld.

Evenals de andere vroege coryfeeën Van der Waals en De Vries was Died Korteweg nog te vroeg geboren om leerling te kunnen worden aan een hbs. Hij kreeg zijn bètaopleiding vooral aan de in 1863 sterk verbeterde Polytechnische School in Delft, waar hij een ingenieursopleiding afbrak om wiskundige te worden. Hij werd daarna net als Van der Waals en De Vries hbs-leraar, in Tilburg en Breda. In 1877 kwam hij als wiskunde-assistent van de pas benoemde Van der Waals in dienst van de gloednieuwe universiteit van Amsterdam, waar hij in 1878 als eerste promoveerde. Promotor was Van der Waals. Het proefschrift handelde over de voortplantingssnelheid van golven in elastische buizen. De KdV-vergelijking van 1894-'95 kwam voort uit een onderzoeksinteresse die al meer dan twintig jaar tevoren ontstaan was.

Korteweg nam in de creatieve netwerken een centrale plaats in. Hij werkte lange tijd samen met Van der Waals, waarbij hij zorgde voor wiskundige verdieping. Bekend werd zijn theorie over de plooi punten op Van der Waals' R-oppervlak (1889 en latere jaren), die volgens Lorentz belangrijk was voor de grondslagen van de thermodynamica. Ook voor Van 't Hoff en anderen deed hij ondersteunend wiskundig onderzoek. In 1881 werd hij zelf hoogleraar, in wiskunde, mechanica en sterrenkunde. In zijn oratie beklemtoonde hij het belang van het toepassen van de wiskunde.

Naast J.A. Kluyver en P.H. Schoute was Korteweg een van de vernieuwers van de wiskunde in Nederland. Van de drie was zijn invloed het grootst. Misschien was Thomas Jan Stieltjes (1856-1894) de geniaalste in Nederland geboren wiskundige van zijn tijd. Niet tevreden met een hoogleraarschap in Groningen, verdween

A.
 Mijn liefste
 Ik heb niet het minste
 begrip van uw aankomst
 van mijn afscheid.
 Of ik in het licht der maan
 hem kan zien ik niet geluk
 zoek; zo ja, dan zal ik mij
 wel gevoelen door u te ont-
 waarden.
 Na vriendelijken groet
 Arnhem, 17/2 1878. J. H. van der Waals

Arnhem, 17/2 1878.
 Ik heb niet het minste
 begrip van uw aankomst
 van mijn afscheid.
 Of ik in het licht der maan
 hem kan zien ik niet geluk
 zoek; zo ja, dan zal ik mij
 wel gevoelen door u te ont-
 waarden.
 Na vriendelijken groet
 Arnhem, 17/2 1878. J. H. van der Waals

Arnhem, 17/2 1878.
 Ik heb niet het minste
 begrip van uw aankomst
 van mijn afscheid.
 Of ik in het licht der maan
 hem kan zien ik niet geluk
 zoek; zo ja, dan zal ik mij
 wel gevoelen door u te ont-
 waarden.
 Na vriendelijken groet
 Arnhem, 17/2 1878. J. H. van der Waals

Drie kennismakingsbriefjes aan Korteweg, van Van der Waals (1878), Van 't Hoff (1875) en Lorentz (1880)

deze echter in 1885 naar Frankrijk, waar hij jong overleed. Het is vreemd dat de belangrijkste Nederlandse onderzoeksschool in de wiskunde in onze tijd naar hem is vernoemd. Al is de Stieltjes-integraal befaamd, de naar Korteweg en De Vries genoemde vergelijking is nu minstens zo bekend, zodat een Korteweg- of Brouweronderzoeksschool een vanzelfsprekender naam zou zijn geweest.

Korteweg had een aantal uitzonderlijke leerlingen. Als promotor werd hij het bekendst door zijn begeleiding van het proefschrift van L.E.J. Brouwer, onze grootste wiskundige (1907).¹⁰ Er is minder bekend over de wordingsgeschiedenis van de dissertatie van Gustav de Vries uit 1894. Deze was hbs-leraar was in Breda, Haarlem en Alkmaar en zou nog twee artikelen publiceren over cyclonen.

De Korteweg-de Vries(KdV)-vergelijking

De KdV-vergelijking kwam voor het eerst voor in de dissertatie van Gustav de Vries die werd verdedigd op 1 december 1894 aan de universiteit van Amsterdam. Dat er in 1995 een congres aan het honderdjarig bestaan van de vergelijking werd gewijd, komt door het feit dat de stelling pas in 1895 bij een groter wetenschappelijk publiek bekend werd door een artikel van Korteweg en De Vries in *Philosophical Magazine* (fifth series, jrg. 39, p. 422-433). Ik heb zelf in de schriftelijke nalatenschap van Korteweg voldoende aanwijzingen gevonden om aan te nemen dat (anders dan bijvoorbeeld het geval was bij de relatie Korteweg-Brouwer) niet de promovendus, maar de promotor de drijvende kracht was achter de genese van het proefschrift van De Vries. Als Korteweg al zelf niet de ontdekker van de vergelijking was, dan lijkt hij in ieder geval de enige te zijn geweest die in staat was het fundamenteel belang ervan in te zien.¹¹

De KdV-vergelijking beschrijft golven die zich in een ondiep kanaal voortbewegen. Het bijzondere is dat ze hun vorm behouden. In 1834 zag de Schotse ingenieur John Scott Russell, toen hij te paard langs een kanaal reed, dat er een merkwaardige bult in het

water naast hem voortgolfde. Na enkele kilometers moest hij de golf laten gaan, maar deze was niet van vorm veranderd. Het gedrag van deze solitaire golf boeide een aantal belangrijke geleerden. Lord Rayleigh geloofde dat hij zou vervlakken, net zoals de golven in een vijver waarin een steen gegooid is. Korteweg en De Vries lieten echter zien dat er golven mogelijk zijn die beschreven worden door een vergelijking met een niet-lineaire term die het afvlakkingseffect teniet kan doen. De vergelijking sliep de slaap der onschuldigen totdat na 1950 Enrico Fermi, Stanislaw Ulam en E. Pasta proeven deden met de MANIAC, een van de eerste computers. Toen werd empirisch aangetoond dat niet-lineaire periodieke trillingen zichzelf soms in stand kunnen houden.

Het gaat bij KdV om een speciale differentiaalvergelijking.

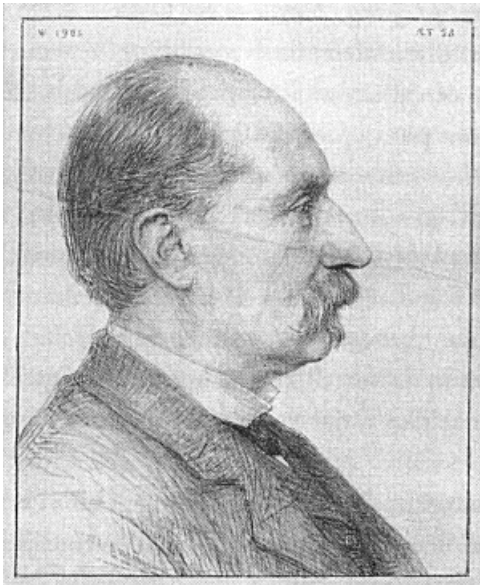
$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{g}{l}} \frac{\partial \left(\frac{1}{2} \eta^2 + \frac{2}{3} \alpha \eta + \frac{1}{3} \sigma \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} \right)}{\partial x}$$

We kunnen hier niet ingaan op technische aspecten. Het belangrijkste is, dat het gaat om een zogenaamde niet-lineaire partiële differentiaalvergelijking. Newton en Leibniz hielden zich nog bezig met gewone differentiaalvergelijkingen, waarin één onafhankelijke en één afhankelijke variabele optreden. Zo kan de beweging van een punt op een trillende snaar beschreven worden. In de achttiende eeuw ontstond de theorie van trillende oppervlakken, zoals een wateroppervlak. Daarin is sprake van meerdere onafhankelijke variabelen en worden de differentiaalvergelijkingen partieel. Rond 1800 hield de Franse meetkundige Gaspard Monge zich voor het eerst diepgaand bezig met niet-lineaire vormen daarvan: in de vergelijkingen komt een hogere macht voor van de afhankelijke variabele, in de KdV-vergelijking de variabele η .

Het oplossen van dit soort vergelijkingen kost vaak veel moeite. Pas rond 1970 lukte het bij de KdV-vergelijking. Hierbij speelde een tiental wiskundigen een belangrijke rol. Voor ons is de fysische interpretatie van de vergelijking en haar oplossing het

interessantst. Het trillingspatroon dat de KdV-vergelijking beschrijft, blijkt brokstukken te bevatten, solitonen genoemd, golven die na een botsing met elkaar ongeschonden te voorschijn komen. Dit heeft verreikende gevolgen voor de wiskunde, maar ook voor techniek en industrie. In de wiskunde leidde de ontdekking van de solitonen tot een hausse in bewijzen voor de oplosbaarheid van andere niet-lineaire vergelijkingen. Die zijn van groot belang in de chaostheorie, die vandaag de dag in het centrum van de belangstelling staat. In de technologie zijn er op allerlei terreinen toepassingen. De formule speelt een sleutelrol in de theorie over de voortplanting van signalen in glasfiberkabels. Het gaat daarbij om een zo groot mogelijke beperking van het verlies aan informatie. Op World Wide Web zijn de verwijzingen naar KdV en Korteweg niet meer te tellen. Veel solitonenonderzoek blijkt intussen te worden gedaan in Japan.

Korteweg was een strenge, maar inspirerende docent. Behalve Brouwer en Gustav de Vries waren er nog andere later bekende



Tekening van Korteweg door Jan Veth (1906)

leerlingen van Korteweg, zoals zijn opvolgers als hoogleraar Gerrit Mannoury (wiskundige en filosoof, zie hoofdstuk 7) en Hendrik de Vries (een belangrijk schrijver van universitaire en andere leerboeken), en H.J.E. Beth, volgens Korteweg later wat verdwaald in de wetenschap, maar de vader van onze bekendste logicus E.W. Beth. Zijn intensieve begeleiding van de ‘linkse’ Mannoury - hij gaf hem lange tijd op zondag bijles - maakt een ander facet van zijn persoonlijkheid zichtbaar: Korteweg was een sociaal bewogen liberaal die positief stond tegenover politieke verandering, zoals ook blijkt uit zijn ondersteuning van Multatuli.

Tegen 1900 verschoof zijn belangstelling naar de geschiedenis van de wiskunde. Als rector magnificus hield hij in 1894 een rede over het *Bloeitijdperk der wiskunde in Nederland*. In 1900 nam hij tot 1920 de redactie over van de *OEuvres complètes* van Christiaan Huygens. In de delen XI-XV zijn tal van belangrijke historische vondsten en toelichtingen opgenomen, waarmee deze editie met de Descartes-uitgave van Adam en Tannery tot de belangrijkste pionierseditie werd van het historisch onderzoek van de wiskunde.

Korteweg werd langzamerhand, een beetje zoals later J.D. van der Waals jr (de ‘zoon van’), een levend monument van de Tweede Gouden Eeuw. Hij was zestig jaar lid van de Koninklijke Akademie, maar zijn recordprestatie was het vijfenzeventigjarig lidmaatschap van het Wiskundig Genootschap. Bij zijn overlijden in 1941 werd hij geëerd als de laatste overlevende van de ‘heroïsche’ periode van de Amsterdamse wis- en natuurkundefaculteit.

Archiefmateriaal en literatuur

De schriftelijke nalatenschap van Korteweg bevindt zich op de universiteitsbibliotheek van de Universiteit van Amsterdam. In 41 mappen, gelijkelijk verdeeld over de correspondentie rond de *OEuvres complètes* van Christiaan Huygens en alle andere onderwerpen. Er zijn vooral brieven en collegedictaten bewaard, maar er is ook conceptmateriaal met betrekking tot creatief werk, zoals de plooi-puntentheorie.

De necrologie van H.J.E. Beth en W. van der Woude in het *Jaarboek der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*, 1945-'46, p. 194-208, is de uitvoerigste biografie tot dusver. Een aardig stuk over Korteweg en de KdV-vergelijking is: Henk Nieland, 'De comeback van de Korteweg-de Vries vergelijking', *Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde*, 1996 nr. 2, p. 31-32. Ik bezit zelf vrij veel materiaal van Korteweg en zijn broers (mijn grootmoeder was een nichtje; daarnaast gaf een van Kortewegs pleegdochters mij brieven en ander materiaal). Veruit de interessantste vondsten deed ik echter in het UB-materiaal (zie noot 24 bij hoofdstuk 3). Ik hoop dat een van mijn lezers de fakkel overneemt!

Kapteyn (1851-1922)

Van Jacobus Cornelius Kapteyn zal wel nooit een wetenschappelijke biografie worden geschreven. Na zijn dood vatten Willem de Sitter en Johan Huizinga (die hem beiden in Groningen en Leiden goed gekend hadden) het plan op om een biografie te schrijven. Daar is niets van gekomen, maar na De Sitters dood kwam Kapteyns persoonlijke nalatenschap terecht in Rotterdam, waar ze vermoedelijk in 1940 bij het bombardement verloren ging.¹² Gelukkig schreef zijn dochter een kleine - zij het hagiografische - biografie, waarin veel informatie bewaard is gebleven.

Kapteyn was het negende van vijftien kinderen van een onderwijzer (een lange traditie in de familie) die in Barneveld een kostschool dreef. Er heerste een streng regime, op leerprestaties gericht, waarin weinig plaats was voor affectie. Alle kinderen kwamen sociaal goed terecht - ook broer Willem werd hoogleraar - maar Kapteyn had zijn leven lang last van verlegenheid en gevoelens van eenzaamheid. Op de kostschool werd hij klaargestoomd voor de universiteit die hij op zijn zeventiende betrad. In Utrecht studeerde hij wis- en natuurkunde bij Buys Ballot en Grinwis, maar hij ging vooral zijn eigen gang. De man met de slaperige blik (door zijn lange oogleden) had een enorm vermogen om meerdere complexe onderwerpen tegelijk aan te pakken, wat

hem later zeer van pas zou komen. Vlak na zijn vierentwintigste verjaardag promoveerde hij op een proefschrift over ‘trillende platte vliezen’. De snelle, ondernemende student kon nu alle kanten op en nadat hij tegen de wil van zijn vader het leraarschap had afgewezen, kon hij min of meer toevallig observator worden op de Leidse sterrenwacht. Daar maakte hij grote indruk op de hoogleraar-directeur H.G. van de Sande Bakhuyzen.

In 1876 werd de nieuwe Wet op het Hoger Onderwijs aangenomen en wachtten jonge wetenschappers met spanning op de dingen die komen gingen. Bij een maaltijd in Leiden in 1877 bestelde de welingelichte zoon van de secretaris-generaal van Binnenlandse Zaken, de later zeer bekende zoöloog A.A.W. Hubrecht, een fles champagne. Hij bracht een toast uit op Kapteyns broer Willem, van wie hij net gehoord had dat die wiskunde-professor in Utrecht geworden was. Toen Hubrecht meteen daarna nog een fles bestelde, was er verbazing. Het bleek nu om Ko Kapteyn te gaan. De benoeming van beide broers was in dezelfde *Staatscourant* aangekondigd. Ko Kapteyn werd hoogleraar op de nieuw ingestelde leerstoel voor sterrenkunde en theoretische mechanica in Groningen.

Nadat de opwinding was weggeëbd en Kapteyn in Groningen goed om zich heen gekeken had, realiseerde hij zich dat een hoogleraar sterrenkunde zonder sterrenwacht, of zelfs maar een telescoop, in niet erg fraaie omstandigheden verkeerde. Zoals ook na de afronding van zijn studie gebeurd was, zette dit hem aan tot een nieuw begin. Eerst gaf hij een aantal jaren college zonder dat hij veel onderzoek deed. Toen was voldoende tot hem doorgedrongen dat Leiden en Utrecht hem zijn sterrenwacht nooit zouden toestaan. In 1885 las hij een artikel van David Gill, ‘Her Majesty's Astronomer at the Cape of Good Hope’. Daarin werd aangekondigd dat er een fotografische catalogus zou worden gemaakt van de sterren van het zuidelijk halfrond, in navolging van Argeländers ‘Bonner Durchmusterung’ van het noordelijk halfrond (1852-1862).

Kapteyn zag opeens nieuwe perspectieven. Terwijl er zich in Europa in elk land wel minstens één sterrenwacht bevond, werd er met de verzamelde gegevens veel te weinig gedaan. Daar was Gill

het van harte mee eens, al ging het hem natuurlijk in de eerste plaats om de Zuid-Afrikaanse gegevens. Tegen een Leids advies in kon Kapteyn met wat overheidsgeld een klein kantoor inrichten in het fysiologisch lab van zijn genereuze collega Huizinga (de vader van de historicus Johan). Ook met andere collegae had Kapteyn goede relaties. Met de filosoof Heymans en de historicus Boissevain liep hij twintig jaar lang elke week naar Haren op en neer. Bovendien hielp Kapteyn Heymans met statistiek.

In het ‘sterrenkundig laboratorium’, dat in 1896 verhuisde naar een eigen gebouw, werden op basis van de opgestuurde foto's tussen 1886 en 1900 de positie en helderheid van 454.875 sterren van het zuidelijk halfrond vastgelegd. De onderneming had tweemaal zo lang geduurd als gepland, maar was een dermate groot succes dat al in 1887 werd begonnen de sterren van beide halfronden fotografisch vast te leggen in een ‘Carte du Ciel’.

Niet alleen de positie van de sterren aan de hemel kan worden bepaald, maar ook de afstand tot de aarde. Dat is mogelijk door meting van de positie op verschillende tijdstippen in het jaar. De aarde beweegt zich in een half jaar naar de andere kant van de zon. Het hoekverschil tussen de twee standen van de aarde ten opzichte van de ster waarvan de afstand moet worden bepaald, heet (trigonometrische) parallax. Omdat we de afstand tussen zomer- en winterpositie van de aarde kennen, kunnen we de afstand tot de ster uitdrukken in afstanden aarde-zon. Voor grote aantallen sterren was het echter ondoenlijk om deze methode te gebruiken. Kapteyn vernieuwde de empirische astronomie door statistische methoden in te voeren om de verdeling van de sterren in de ruimte te bepalen. Hij pakte het probleem van de afstanden aan door de kans te bepalen dat een ster, waarvan de gemeten (schijnbare) helderheid tussen zekere grenzen ligt, een afstand heeft die groter of kleiner is dan bepaalde met zekerheid gemeten afstanden. In de praktijk bleek het aantal goed gemeten afstanden te gering om een waarschijnlijkheidsverdeling af te leiden, en moesten er nog meer veronderstellingen gemaakt worden.

Kapteyn was niet alleen rekenkundig begaafd en gespist op feiten, hij streefde er ook naar om de sterrenkundige theorievorming

op een hoger plan te brengen. In 1904 baarde hij op een congres in St. Louis opzien met een eerste generalisatie van de bijna twintig jaar verzamelde gegevens. Hij slaagde er als eerste in om uit de gigantische massa data af te leiden, dat sterren ten opzichte van de zon kennelijk in twee verschillende hoofdrichtingen bewegen: de theorie van de twee sterstromen. Hiermee kwam voor het eerst structuur in ons melkwegstelsel, dat toen als het ‘heelal’ werd gezien.

Ook al omdat langzamerhand het registreren van de spectra van sterren belangrijk begon te worden, zag Kapteyn in dat het werk hem en zijn Groningse groep boven het hoofd begon te groeien. In 1906 stelde hij daarom een aantal grote sterrenwachten voor om slechts een willekeurig en beperkt aantal gebiedjes grondig door te meten. Dit ‘plan of selected areas’ werd geaccepteerd door de internationale gemeenschap van astronomen. Het werk voor Gill had Kapteyn een vriendschap voor het leven bezorgd. Eenzelfde gevolg had zijn nieuwe plan. Hij werd bevriend met George Ellery Hale, de drijvende kracht achter het nieuwe observatorium op Mount Wilson boven Los Angeles. De staalmagnaat Andrew Carnegie had geld gegeven op voorwaarde dat de beste instrumenten geïnstalleerd zouden worden. Dit was niet tot dovemansoren gericht. In de nadagen van zijn loopbaan bezocht Kapteyn tussen



Kapteyn, geschilderd door Jan Veth (1918)

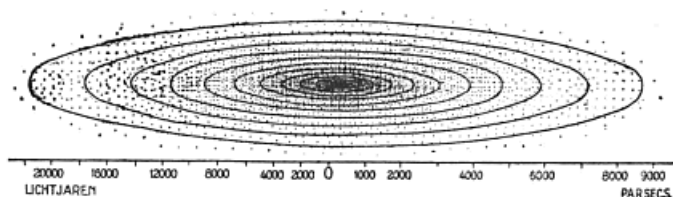
1908 en 1914 Mount Wilson. Het was zeer belangrijk voor hem dat hij zijn vrouw mee kon nemen. Nadat de Kapteyns de eerste keer in een tent hadden gekampeerd, liet Hale de 'Kapteyn Cottage' op de berg bouwen, waar het paar vele maanden woonde in een prettig klimaat, voorzien van alle comfort.

De Eerste Wereldoorlog was ook voor de wetenschap een beproeving. Pogingen van Kapteyn en Heymans om Duitsland lid te maken van de in 1919 opgerichte International Research Council mislukten. De rol die de Nederlandse Akademie van Wetenschappen daarbij speelde, leidde ertoe dat Kapteyn niets meer met de Akademie te maken wilde hebben.

Na zijn emeritaat - hij werd opgevolgd door Van Rhijn - haalde Willem de Sitter hem in 1921 naar Leiden om te helpen bij de reorganisatie van de sterrenwacht. Die taak heeft hij niet meer tot een goed einde kunnen brengen. Hij werd ziek en overleed niet lang daarna. Maar in zijn Leidse tijd slaagde hij er ook nog in om voor de tweede keer een grote theoretische samenvatting te geven. In 1920-'22 publiceerde hij zijn artikelen over het 'Kapteyn-heelal' (term van Sir James Jeans).

Het Kapteyn-heelal

In 1922 publiceerde Kapteyn, vlak voor zijn dood, zijn definitieve theorie van wat hij zag als het heelal. Dat blijkt bijna equivalent te zijn met ons eigen melkwegstelsel, alleen weten we nu dat de zon zich ver van het centrum bevindt. De op pagina 93 weergegeven verticale doorsnede laat zien dat de dichtheid van het aantal sterren naar buiten toe afneemt, en dat het systeem een afgeplatte vorm bezit. De afplatting werd verklaard door de werking van de sterstromen die in gekromde banen tegen elkaar in bewegen. In wezen is dit melkwegmodel, dat nu dus geen heelalmodel meer is, tot in onze tijd gelijk gebleven.



Heelal van Kapteyn: overgenomen uit Willem de Sitters 'Kosmos', 1934, p. 116

Archiefmateriaal en literatuur

Zoals eerder werd aangestipt, is er eigenlijk geen Kapteyn-archief meer. Professor Blaauw, de auteur van het uitvoerige artikel over Kapteyn in de *Dictionary of Scientific Biography*, hoorde van Kapteyns opvolger Van Rhijn dat er ooit een kist met Kapteyniana op zolder bij De Sitter heeft gestaan, maar dat het materiaal in 1940 in Rotterdam verloren is gegaan. Dan zal dat wellicht als volgt zijn gegaan (deze hypothese is ontwikkeld in samenspraak met mevrouw Katgert, die een inventaris van de nalatenschap van Oort heeft uitgegeven).¹³ De Sitters zoon Aernout, gepromoveerd op een astronomisch onderwerp in 1936, kwam na De Sitters betrekkelijk vroege dood in 1934 waarschijnlijk in bezit van het Kapteynmateriaal. Toen hij naar Zuid-Afrika en vervolgens in 1939 naar Nederlands-Indië vertrok, kon hij bij zijn vertrek met de boot vanuit Rotterdam (nog) niet alles meenemen en liet hij ook Kapteyns papieren opslaan. Helaas heeft De Sitter jr. het jappenkamp niet overleefd. Ook de kist van Kapteyn is de oorlog niet doorgekomen. Er mogen dan onderzoeksverslagen verdwenen zijn, natuurlijk zijn er nog veel andere papieren overgebleven, vooral in het Huygens Laboratorium in Leiden (en er is van Kapteyns broer Willem een verzameling papieren, 0,4 meter, in Rijksmuseum Boerhaave). Er is vooral nog veel correspondentie, bijvoorbeeld met De Sitter en Hale (bewaard in Californië). Of dat alles voldoende is voor een wetenschappelijk verantwoorde nieuwe levensbeschrijving kan uitgezocht worden. Misschien moeten we het doen met de biografie van zijn dochter Henrietta Hertzprung-Kapteyn (1928) in de recente editie van E. Robert Paul (volgens

Blaauw slecht vertaald door Paul, *The Life and Works of J.C. Kapteyn*, Dordrecht etc.: Kluwer, 1993, XIX + 92 p.

Er zijn behalve de twee genoemde nog andere biografische schetsen, zoals: E. Dekker, 'Jacobus C. Kapteyn (1851-1922). "Wat men veelal het heelal noemt"', *Van Stevin tot Lorentz*, (red. A.J. Kox en M. Chamalaun), Amsterdam: Intermediair, 1980, 238 p., p. 177-191 (herdrukt in 1990, Amsterdam: Bert Bakker).

Beijerinck (1851-1931)

Evenals Kapteyn werd Martinus Willem Beijerinck als kind emotioneel verwaarloosd - Beijerinck door zijn stiefmoeder - en leidde de verwaarlozing tot verlegenheid en het opbouwen van een eigen wereld waarin orde heerste. Meer dan Kapteyn kwam Beijerinck echter uit een sociaal gevestigde familie. Zijn grootvader was hoofdingenieur, een oom hoogleraar in Delft. Helaas was zijn vader een tragische mislukking, die er niet in slaagde om zich het hoofd boven water te houden met een tabakswinkel en, na faillissement, een baantje bij de spoorwegen. Door een erfenisje van een tante kon zijn zoon gelukkig de lagere school en middelbare school doorlopen. In onze chronologische reeks is Beijerinck de eerste reguliere hbs-leerling. In zijn middelbareschooltijd maakte hij in de buurt van Haarlem lange botanische wandelingen met de vader van Frederik van Eeden. Ook leerde hij er Hugo de Vries kennen, die drie jaar ouder was en al botanicus in hart en nieren.

Na de hbs studeerde Beijerinck technologie en woonde hij in Delft op kamers met Van 't Hoff. Deze bijzondere periode kende een cesuur toen de hospita hun de huur opzegde. De twee talentvolle experimentatoren hadden namelijk lijm bereid uit dode mollen. De vriendschap werd voortgezet in Leiden, waar de twee jonge technolgen nu een academische studie mochten gaan volgen. Hier begonnen de interesses uiteen te lopen, Van 't Hoff studeerde allerlei vakken, maar ging zich steeds meer in scheikunde specialiseren; Beijerinck was een succesvolle student biologie. Na ver-

schillende lerarenbaantjes, waaronder de verlegen Beijerinck leed, werd hij in 1876 docent botanie aan de Hogere Landbouwschool in Wageningen. Daar kreeg hij eindelijk tijd voor onderzoek. In 1877 promoveerde hij in Leiden op een proefschrift over plantengallen. Een promotiediner kon hij zich niet veroorloven.

De bezeten onderzoeker werd al in 1884 gekozen tot lid van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen. Behalve door zijn nu invloedrijke vrienden werd dat ook mogelijk gemaakt door zijn twee zusters, die na de dood van vader Beijerinck bij hun broer in Wageningen waren komen wonen. De oudste zus maakte fraaie botanische tekeningen, de jongste assisteerde bij de Engelse vertaling van zijn artikelen. In hetzelfde jaar trad er nog een ander nuttig effect op van Beijerincks netwerk, dat niet zozeer inhoudelijk invloed had op zijn wetenschappelijke werk, als wel indirect werkte. Als een van de weinige toponderzoekers van zijn tijd had Beijerinck geen voordeel gehad van de nieuwe wet van 1876. Hij heeft nooit aan een universiteit gewerkt, maar kreeg in plaats daarvan kansen bij andere instellingen. In 1884 zorgde Hugo de Vries voor een goedbetaalde onderzoeksbaan bij de Gist- en Spiritusfabriek in Delft. De sociale idealist Van Marken huurde hem in om te zoeken naar een oplossing voor het probleem van de bacteriële besmettingen van het gist waarmee bier werd gebrouwen. Beijerinck mocht een eigen laboratorium bouwen en kreeg een jaarsalaris van 4500 gulden, ongeveer op hoogleraarsniveau en het dubbele van zijn docentensalaris in Wageningen.

Een eerste advies aan Van Marken bleek weinig gelukkig. Het als varkensvoer gebruikte gistafval bezorgde de beesten zwarte tanden, waardoor ze onverkoopbaar bleken. Beijerinck heeft in zijn nieuwe lab veel ontdekkingen gedaan. Niet alleen voor zijn werkgever (onder andere koningsgist), maar ook in de niet-toegepaste wetenschap. Hoewel hij, zeker de eerste decennia, werkte op grond van een wereldbeeld dat aan dat van De Vries verwant was, en hoewel al vanaf zijn proefschrift vraagstukken van erfelijkheid en variabiliteit centraal stonden, verwierf hij zich vooral faam als pionier van de microbiologie.



Beijerinck rond 1900

Beijerinck voelde zich echter in het bedrijfsleven slecht op zijn plaats. Van Marken, De Vries en andere vrienden zorgden ervoor dat hij in 1895 hoogleraar bacteriologie kon worden aan de Polytechnische School, waar hij weer een nieuw laboratorium kreeg. Als hoogleraar had hij veel moeite met zijn onderwijstaak. Hij bleef vooral een onderzoeker, vaak gekweld door lange perioden met depressies en gevoelens van eenzaamheid en tekortschieten. In de Delftse jaren leverde hij opnieuw grote wetenschappelijke prestaties. Hij isoleerde de eerste vrijlevende aërobe (zuurstof direct uit de lucht halende) bacterie en nog reeksen andere speciale soorten bacteriën. Twee andere fundamentele ontdekkingen strijden om de eer zijn belangrijkste vondst te zijn geweest: de vervaardiging van reinculturen van algen en de ontdekking van het eerste plantenvirus. Ik houd het op laatstgenoemde vondst.

De ontdekking van het tabaksmozaïekvirus

De tabaksmozaïekziekte (symptoom: vlekken op tabaksbladeren) werd na de grote ontdekkingen van Pasteur en Koch geacht een ziekte te zijn die werd veroorzaakt door een bacterie. Rond 1898 zag Beijerinck dat geïnfecteerd tabakssap niet onschadelijk te maken was door het te filteren met een porseleinen filter. De ziekteverwekker moest dus veel kleiner zijn dan een gewone bacterie. Met alcohol kon hij er wel een neerslag van maken.

Daarna ontdekte hij dat de ziekteverwekker zich alleen via zijn gastheer kon reproduceren, en wel in diens snelst groeiende delen. Hij durfde nog niet de stap te nemen naar de aanname van een zichzelf reproducerend systeem van grote moleculen, maar schreef over een ‘contagium vivum fluidum’, dat geen bacterie was. Daarmee werd hij met de Russische botanicus Ivanovsky de (bijna-) ontdekker van de virussen. Weliswaar had Ivanovsky in 1892 een filtreerbare ziekteverwekker ontdekt, maar hij was er nog van overtuigd geweest dat het om een speciaal soort bacterie ging.

Pas na 1935 kon Beijerincks ontdekking op waarde geschat worden, toen Stanley het tabaksmozaïekvirus kristalliseerde. Dit was te laat om Beijerinck nog met een Nobelprijs voor geneeskunde te kunnen eren.

Naast Winogradsky is Beijerinck bovendien de pionier van het aanleggen van reïnculturen van algen. De meeste micro-organismen komen in veel organisch materiaal voor, maar zo spaarzaam dat er nauwelijks onderzoek aan gedaan kan worden. De productie van micro-organismen op veel grotere schaal betekende een doorbraak in het biologisch onderzoek.

Na meer dan 140 merendeels belangrijke artikelen te hebben geschreven, werd Beijerinck bij zijn pensioen in 1921 geëerd met de uitgave van zijn verzamelde werken in vijf delen (waar later nog een zesde deel bij kwam). Hij trok zich terug met zijn oudste en inmiddels dove zuster in Gorssel, waar hij tot zijn dood in 1931 doorwerkte. Het Delftse laboratorium werd overgenomen door zijn voortreffelijke leerling Albert Jan Kluyver en behield onder diens leiding zijn wereldfaam.

Archiefmateriaal en literatuur

Beijerincks nalatenschap bevindt zich op het laboratorium voor Microbiologie van de Technische Universiteit Delft. De onderzoeker Pieter Bos heeft de intentie uitgesproken om Beijerincks onderzoekverslagen opnieuw te analyseren.

Het standaardwerk over Beijerinck is: *Beijerinck and the Delft School of Microbiology*, (red. Pieter Bos en Bert Theunissen), Delft: Delft University Press, 1995, XXXV + 220 p., een met drie artikelen over Beijerinck uitgebreide herdruk van een in 1983 heruitgegeven biografisch overzicht uit 1940: *Martinus Willem Beijerinck, his Life and Work* (red. G. van Iterson, L.E. van Dooren de Jong en A.J. Kluyver). Recentelijk verschenen er twee overzichtsartikelen van Bert Theunissen, 'Het nut van autonomie. Een andere kijk op M.W. Beijerincks microbiologie', *Gewina*, jrg. 17, 1994, p. 191-205; 'The Beginnings of the "Delft Tradition" Revisited: Martinus W. Beijerinck and the Genetics of Microorganisms', *Journal of the History of Biology*, jrg. 29, 1996, p. 197-228. Een korte schets van leven en werk verscheen in 1995 in *NRC Handelsblad*: Marion de Boo, 'Een geniale grimbeer', bijlage 'Wetenschap en onderwijs' van 30 november 1995.

Van 't Hoff (1852-1911)

De familie Van 't Hoff leverde eeuwenlang de burgemeester van het dorp Groote Lind, dat later bij Zwijndrecht is gevoegd. Van 't Hoff's vader was behalve burgervader ook arts. Met Jacobus Henricus kwam een eind aan de traditie van het burgermeesterschap. Op aanraden van de leraren van de particuliere lagere school werd de getalenteerde Henry in september 1867 naar de hbs gestuurd. Men kan zich afvragen, waarom de zoon van een notabele niet naar het gymnasium ging. Waarschijnlijk was toen reeds in brede kring bekend dat aan de hbs het beste onderwijs in natuurwetenschappen werd gegeven en sprak dat de jonge Van 't Hoff aan. In

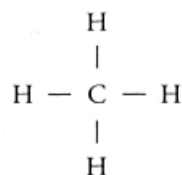
de hoogste klassen raakte hij snel vertrouwd met wiskunde en natuurwetenschappen (zie ook hoofdstuk 2). Toen al was de onderzoeksdrang groot, zo groot dat hij met kameraden tijdens het weekeinde inbrak om op school scheikundeproeven te kunnen nemen. Na een uitstekend eindexamen (eerste van Zuid-Holland) ging hij naar de Polytechnische School in Delft om er na twee jaar het diploma voor ‘technoloog’ te halen, zodat hij in een suikerfabriek nuttig werk had kunnen doen. Gelukkig voor hem en voor Nederland ging hij daarna in Leiden studeren, nadat hem dispensatie was verleend van de bepaling dat hij Grieks en Latijn moest beheersen.

Op de universiteit valt de scheikundestudie hem tegen. Na snel zijn kandidaatsexamen wis- en natuurkunde te hebben gehaald, trekt Van 't Hoff, die ondanks zijn exactheid een duidelijk romantische geest is die van Heine en Byron houdt en zelf gedichten schrijft, naar Duitsland. In Bonn raakt hij onder de indruk van de grote meester van de organische scheikunde Kekulé, maar blijkt er als experimentator niet zeer getalenteerd. Voordat hij doorreist naar Parijs doet hij in december 1873 in Utrecht doctoraal. In het Parijse laboratorium van Wurtz maakt hij onder anderen kennis met Achille le Bel, wiens naam onverbrekkelijk met de zijne zal worden verbonden. In december 1874 promoveert Van 't Hoff, weer in Utrecht, op een onbelangrijk proefschrift.

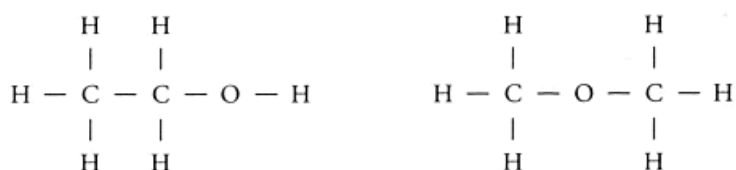
In september 1874 had hij echter een fascinerend boekwerkje van elf bladzijden gepubliceerd met de weidse titel *Voorstel tot uitbreiding der tegenwoordig in de scheikunde gebruikte structuurformules in de ruimte, benevens een daarmee samenhangende opmerking omtrent het verband tussen optisch actiefvermogen en chemische constitutie van organische verbindingen*. Dit is misschien Van 't Hoff's grootste prestatie geweest.

Pionier van de stereochemie

De rond 1870 gangbare (en nog tamelijk recente) structuurformules voor organische verbindingen gaven een indruk van de samenhang van de elementen in de verbinding. De formule voor methaan (aardgas) is bijvoorbeeld:



Met deze structuurformules kon het onderscheid tussen verschillende verbindingen die dezelfde elementen in dezelfde verhoudingen bevatten (de zogenaamde isomeren), worden weergegeven. De formules voor ethanol en dimethylether, beide C_2OH_6 :

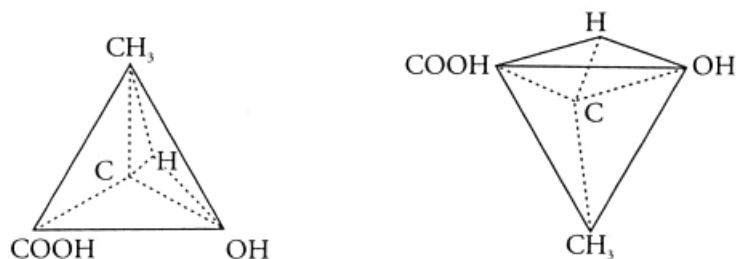


Het bleek echter niet altijd mogelijk voor elke twee verschillende verbindingen verschillende structuurformules te vinden. In 1873 had de Duitse scheikundige Wislicenus drie artikelen gepubliceerd over de structuur van melkzuur. Er bleken drie soorten van te zijn, waaraan slechts twee structuurformules toegekend konden worden:



De linkerformule stond voor twee vormen van melkzuur, die het vlak van gepolariseerd licht naar links, respectievelijk naar rechts lieten draaien. Wislicenus concludeerde nu dat deze tweedimensionale formule eigenlijk twee verschillende ruimtelijke constellaties weergaf. Deze gedachte werd verder uitgewerkt door Van 't Hoff. Zijn

brochure bevat een aantal stereometrische figuren. Hij had allerlei nieuwe ideeën opgedaan door te werken met kartonnen modelletjes, die hij later ook zond naar een reeks bekende scheikundigen, die er niet op reageerden. Zo kwam hij op grond van een atomistische visie tot een ruimtelijke weergave van de formules voor links- en rechtsdraaiend melkzuur (die dus dezelfde structuurformule houden) als:



In het vlak van deze bladzijde ziet men dat de volgorde van de groepen van de eerste figuur met de klok mee CH_3 , H, OH en COOH is, en van de tweede CH_3 , COOH, H en OH. De figuren zijn gespiegeld ten opzichte van elkaar. Het C-atoom in het centrum van de vier verschillende groepen noemde Van 't Hoff 'asymmetrisch'. Het bleek dat andere verbindingen zonder een verondersteld asymmetrisch koolstofatoom geen links- en rechtsdraaiende vormen kenden, zodat optische activiteit nu voorspeld kon worden. Bovendien kon Van 't Hoff nog andere verschijnselen verklaren door aan te nemen dat ze berustten op verschillen in ruimtelijke structuur van de moleculen.

Buys Ballot, die zelf frustrerende ervaringen had gehad met een schets van een atomistische theorie, drong na lezing van het boekje aan op een vertaling in het Frans. Maar pas nadat Wislicenus had gezorgd voor een Duitse vertaling door zijn leerling Herrmann (1877), werd Van 't Hoffs voorstel in bredere kring bekend. Het werd ook fel bestreden door de Duitse chemicus Kolbe.¹⁴ Er waren in die tijd ook wel degelijk, vooral fysische, argumenten tegen Van 't Hoffs theorie. In de jaren tachtig had hij het pleit echter al zo goed als gewonnen.



Van 't Hoff rond 1900

Van 't Hoff's carrière begon traag. Hij solliciteerde vergeefs naar een hbs-leraarschap en kreeg uiteindelijk een baan aan de Utrechtse veeartsenijschool. Ook voor hem was de nieuwe wet van 1876 een godsgeschenk. De Amsterdamse hoogleraar Gunning bezorgde hem een lectoraat aan de nieuwe universiteit, maar al in 1878 werd hij hoogleraar in chemie, mineralogie en geologie. Met een originele rede over de belangrijke rol van fantasie in de wetenschap begon hij aan een bijna twintigjarige periode als onderzoeker, waarin de fysische chemie werd ontwikkeld door wis- en natuurkunde toe te passen op de scheikunde.

In 1884 verscheen zijn belangrijkste overzichtswerk, *Etudes de dynamique chimique*. In zijn stereochemische pamflet had hij één fysische eigenschap (de optische activiteit) in verband gebracht met de chemische constitutie van een stof. De *Etudes* behandelen nu een reeks van fysische en chemische eigenschappen. In het eerste deel wordt een vergelijking gegeven voor de invloed van temperatuursverandering op de reactiesnelheid van chemische omzettingen. Het tweede deel behandelt het chemisch evenwicht. Van 't Hoff geeft daarin een algemene vergelijking voor de samenhang tussen temperatuur, reactiewarmte en de evenwichtsconstante K . In tegenstelling tot zijn *Voorstel* uit 1874, bevatten de *Etudes* nieuw

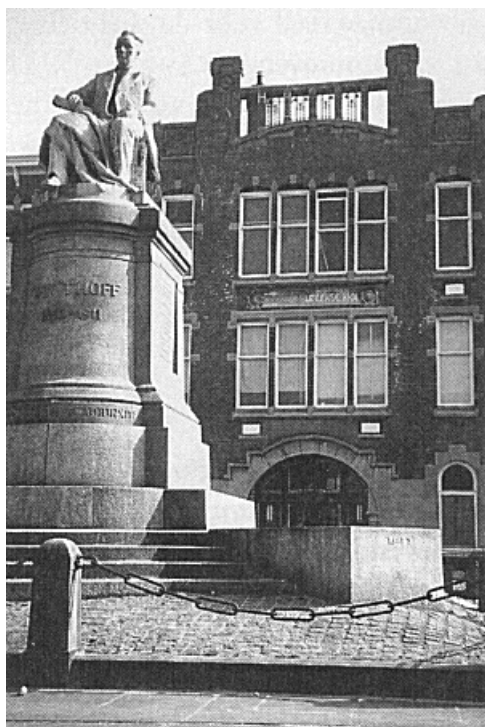
experimenteel bewijsmateriaal voor de theorieën, dat vooral afkomstig was van zijn promovendi Schwab en Reicher.

In 1886 publiceerde hij de artikelen waarin de theorie van de osmotische druk werd gepresenteerd, die zo mooi spoorde met het werk van De Vries. In 1887 kwam Van 't Hoff met zijn theorie van de verdunde oplossingen. In dialoog met Svante Arrhenius ontvouwde hij zijn ideeën over de geleiding van elektrische stroom door de ionen waarin bepaalde verbindingen in water uiteenvallen. In hetzelfde jaar richtte hij samen met Wilhelm Ostwald het *Zeitschrift für Physikalische Chemie* op.

Nadat Van 't Hoff eigenhandig had meegeholpen bij de bouw van een mooi nieuw chemisch laboratorium, werd het lesgeven hem te veel en zocht hij bovendien een nieuwe uitdaging. Eind 1894 had Max Planck hem in Amsterdam opgezocht en in 1896 ging Van 't Hoff in op een aanbieding om in Berlijn aan de Pruisische Academie onderzoek naar eigen keuze te doen en, als het hem uitkwam, een enkele keer college te geven. In Berlijn kwam zijn onderzoek naar de samenstelling van de Duitse zoutlagen (vooral in Stassfurt) tot stand. Evenals Hugo de Vries, met zijn monografieën over gewassen als de aardappel, heeft Van 't Hoff een belangrijke bijdrage geleverd aan de bloei van de Duitse economie. Die bijdrage was helaas voor onze oosterburen van niet al te lange duur. In 1901 was hij de eerste Nobelprijswinnaar voor scheikunde, maar hoewel hij zijn opvolger in Amsterdam, Bakhuis Roozeboom, inmiddels overleefd had, overleed Van 't Hoff reeds in 1911 aan tuberculose, 58 jaar oud.

Archiefmateriaal en literatuur

Na de betrekkelijk vroege dood van Van 't Hoff in 1911 is zijn nalatenschap terechtgekomen bij zijn dochters en vervolgens in 1966 gedeeltelijk bij het Rijksmuseum Boerhaave in Leiden (1,4 meter archief). Een deel kwam in bezit van zijn jongste dochter, die in 1908 getrouwd was met Charles Davis Snyder, hoogleraar fysiologie aan de Johns Hopkins-universiteit in Baltimore. Beide echte-



Monument voor Van 't Hoff uit 1915 aan de 's-Gravendijkwal in Rotterdam

lieden zijn oud geworden - Snyder overleed als laatste in 1972 op bijna honderdtweejarige leeftijd - en hebben hun deel van de papieren nagelaten aan de Johns Hopkins universiteit.

De eerste serieuze biografie van een coryfee uit de Tweede Gouden Eeuw was Ernst Julius Cohens *Jacobus Henricus van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, Leipzig, 1912, 638 p. In onze tijd heeft de Utrechtse hoogleraar Snelders veel over Van 't Hoff geschreven. Zijn artikel in de *Dictionary of Scientific Biography* was de eerste hedendaagse samenvatting van zijn werk. In twee andere Nederlandse publicaties wordt ook veel informatie gegeven: H.A.M. Snelders, 'Jacobus H. van 't Hoff (1852-1911). Hij verbond de scheikunde met de natuurkunde', in: *Van Stevin tot Lorentz* (red. A.J. Kox en M. Chamalaun), Amsterdam: Intermediair, 1980, 238 p., p. 192-202 (behandelt de stereochemie); H.A.M. Snelders, *De*

geschiedenis van de scheikunde in Nederland, Delft: Delftse Universitaire Pers, 1993, 211 p., hoofdstuk 6, 'Jacobus Henricus van 't Hoff (1852-1911)', p. 113-146 (behandelt vooral het latere fysischchemische en zoutlagenonderzoek).

Er bestaat ook een boekje over de genese van het monument voor de hbs in Rotterdam: *Het Van 't Hoff-monument in Rotterdam*, Amsterdam: v/h Ipenbuur & Van Seldam, 1915, 74 p.

Lorentz (1853-1928)

Velen hebben zich afgevraagd of Hendrik Antoon Lorentz wel geheel menselijk was. Een paar jaar geleden, na de ontdekking van het Zeeman-archief, kon men weer eens een poging wagen om een fout te vinden. Maar nee, God had alles weer goed gezien. Als er een ranglijst zou worden opgesteld van onze beste bètaonderzoekers na een vergelijking, voor zover mogelijk, waarbij originaliteit, diepgang, veelzijdigheid en invloed even zwaar zouden wegen, dan zou er weinig verschil zijn tussen de nummers twee en tien. Maar Lorentz staat met voorsprong bovenaan.

Op Lorentz was de regel van toepassing 'wat goed is, komt snel'. Hij werd in 1853 geboren in Arnhem als zoon van de eigenaar van een kwekerij. Al in 1875 promoveerde hij. Twee jaar later was hij hoogleraar. Alles wat hij deed ging als vanzelf bij deze Mozart van de Nederlandse wetenschap. Leren, lezen, rekenen, schrijven, tot onderwijzen en het op latere leeftijd voorzitten van meertalige congressen toe. Het moet daarom zeer vreemd voor hem geweest zijn toen hij in 1905 opeens werd ingehaald door Einstein. Het wereldgeweten van de natuurkunde reageerde echter gepolijst. Soeverein bleef Lorentz de discussies over relativiteitstheorie en kwantumtheorie samenvatten en sturen. Toen eindelijk zijn creativiteit begon af te nemen, zette hij zich aan een nuttig karwei; de jarenlange berekening van de na het afsluiten van de Zuiderzee te verwachten stromingen. Ook daarbij maakte hij geen fout. Nederland kon zo profiteren van het genie als computer.

Hoewel Lorentz pas in de derde klas op de hbs kwam, is hij daar

door twee leraren krachtig gestimuleerd, zoals dat eerder gebeurd was op de lagere school door onderwijzer Timmer. Van de twee leraren gaf Van de Stadt natuurkunde, Van Bemmelen scheikunde. Al in 1869 ging het jonge talent studeren. In 1871 deed hij zijn kandidaats summa cum laude. Een van de hoogleraren vond dat eerst wat overdreven, maar bleek gedacht te hebben dat Lorentz doctoraal kwam doen. Na dit examen werd hij - op zijn achttiende - leraar in zijn geboortestad, waar hij zich op doctoraal en doctoraat ging voorbereiden. De promotie vond eind 1875 plaats. Het proefschrift *Over de theorie der terugkaatsing en breking van het licht* was dermate indrukwekkend dat, toen Van der Waals voor Amsterdam koos, Lorentz al begin 1878 zijn inaugurele rede kon houden als hoogleraar mathematische natuurkunde, de eerste Nederlandse leerstoel in zijn soort (zie ook hoofdstuk 3). De jonge hoogleraar trouwde in 1881 met een nichtje van de astronoom Kaiser, de grondlegger van de nieuwe Leidse Sterrewacht.

In zijn Leidse tijd ontwikkelde en voltooide Lorentz het met zijn proefschrift geëntameerde onderzoeksprogramma, dat vaak wordt betiteld als 'Lorentz' elektronentheorie. Zeker vandaag de dag wekt die titel een verkeerde indruk. De ideeën en resultaten hadden geen betrekking op de twintigste-eeuwse negatief geladen elementaire deeltjes. De theorie was een omwerking van Maxwells theorie van het elektromagnetisme, zodat verschijnselen als licht en elektrische stroom beter ingepast konden worden. Voor Lorentz waren er allerlei opvattingen over de samenhang tussen licht, materie en 'ether', het medium waarin licht geacht werd zich voort te planten in loodrecht op de voortplantingsrichting trillende golven.

Niet alleen voor Lorentz' persoonlijkheid, ook voor zijn ideeën gold de stelling 'eenvoud is het kenmerk van het ware'. Hij was er nooit op gericht indruk te maken met staaltjes virtuositeit. We zagen al, hoe natuurlijk hij met zijn studenten omging. Hij gaf college zonder te epateren en legde rustig en helder uit wat geleerd moest worden. Ook buiten Leiden profiteerde men daarvan na de publicatie in 1882 van Lorentz' *Leerboek der differentiaal- en integraalrekening*, dat in een grote behoefte voorzag. Zijn belangrijkste

onderzoekprestatie, de nieuwe theorie van het elektromagnetisme, was eveneens het resultaat van helder denken met zo weinig mogelijk middelen.

De elektronentheorie

Lorentz maakte eerst een duidelijk onderscheid tussen materie en ether. Evenals Van der Waals en Van 't Hoff zag hij materie als een verzameling van kleine deeltjes, atomen of moleculen. Vervolgens ging hij ervan uit, dat die moleculen - die hij later 'ionen' en uiteindelijk 'elektronen' noemde - dragers waren van elektrische lading. Omdat men zich toen nog geen elektromagnetische trillingen in een vacuüm kon voorstellen, nam Lorentz daarna aan dat de elektromagnetische verschijnselen zich afspeelden in de ether die de ruimte tussen de moleculen vulde en binnen en buiten de materie dezelfde eigenschappen bezat.



Lorentz rond 1895

In de jaren negentig ontwikkelde hij de theorie verder, zodat ze ook elektromagnetische verschijnselen in bewegende lichamen bestreek. Hij opperde de hypothese dat de ether in volstrekte rust is. Omdat ze ook verder nauwelijks materiële eigenschappen bezat, kwam hij zo in feite tot het ook heden ten dage (maar dan zonder ether) gangbare veldbegrip. Met de steeds verder verfijnde theorie kon Lorentz allerlei problemen oplossen. Hij liet zien dat veel door eerdere grote theoretici geopperde ideeën foutief of overbodig waren, zoals Fresnels idee dat de ether door bewegende lichamen gedeeltelijk werd meegesleept, Maxwells aanname van twee soorten ether, in materie en in lege ruimte, en Helmholtz' gedachte van de elektromagnetische krachtwerking op afstand.

Verschillende ideeën die grote invloed hadden, zijn naar hem genoemd, zoals dat van de elektromagnetische kracht die bewegende geladen deeltjes ondervinden, nu Lorentz-kracht geheten, en van de verkorting die lichamen ondergaan die ten opzichte van de ether bewegen, nu 'Lorentz-Fitzgerald'-contractie, een belangrijke bouwsteen van Einsteins speciale relativiteitstheorie.

Een wat minder prominente plaats in zijn oeuvre nam zijn verklaring in van het Zeeman-effect. Hij kreeg daarvoor in 1902 samen met de ontdekker van het effect de Nobelprijs. Na de verpletterende artikelen van Einstein uit 1905 (al eerder was er Plancks kwantumtheorie geweest, die het einde inluidde van Lorentz' geliefde 'klassieke natuurkunde') kwamen ook uit Lorentz' pen minder nieuwe ideeën. Tot het eind van zijn leven bleef hij echter de vaderfiguur in de natuurkunde over wie Einstein indrukwekkend geschreven heeft. In Nederland trok hij zich als onderzoeker enigszins terug na zijn benoeming in 1912 tot conservator van het Teylers Museum in Haarlem, waarbij hij vooral als docent in Leiden briljant werd opgevolgd door Boltzmanns leerling Ehrenfest. Als sociaal bindende factor werd Lorentz na zijn emeritaat voor de wetenschap steeds belangrijker. Hij was lid van talloze commissies. Historisch was zijn rol als voorzitter van de Solvay-conferenties (1911-1927), waaraan alle grote natuurkundi-

gen van die tijd deelnamen. Al bij zijn leven werd hij een mythische figuur. Bij zijn begrafenis in 1928 in Haarlem waren honderdduizend mensen aanwezig.

Archiefmateriaal en literatuur

Na lange tijd deel te hebben uitgemaakt van het Algemeen Rijksarchief in Den Haag, is het Lorentz-archief recent overgebracht naar het Rijksarchief in Haarlem. Er was al een beschrijving van: J.M. Muller, *Inventaris van het archief van Prof. dr. H.A. Lorentz 1853-1928, 1866-1930*, Den Haag: Algemeen Rijksarchief, 1982, 290 p.

Er is een nieuwe biografie van Lorentz in de maak, van de hand van de wetenschapshistoricus Anne Kox. De eerste tijd moeten we ons echter tevredenstellen met de door Lorentz' dochter geredigeerde bundel, *H.A. Lorentz. Impressions of his Life and Work*, Amsterdam: North-Holland, 1957, 172 p. Behalve de persoonlijke herinneringen van mevrouw De Haas-Lorentz bevat dit boekje ook een overzicht van zijn wetenschappelijk werk van de hand van A.D. Fokker. A.J. Kox heeft ook een korte biografie geschreven: 'Hendrik A. Lorentz (1853-1928). Grootmeester van den wereld-



Lorentz-monument in het Park Sonsbeek in Arnhem. In 1931 werd het monument door prinses Juliana ingewijd. Toen de foto werd genomen, in 1996, bleek het in zeer slechte staat te verkeren. Heeft het na 65 jaar de pensioengerechtigde leeftijd bereikt?

aether', in: *Van Stevin tot Lorentz* (red. A.J. Kox & M. Chamalaun), Amsterdam: Intermediair, 1980, 238 p., p. 220-235 (herdrukt in 1990)

Kamerlingh Onnes (1853-1926)

Van de groten uit het begin van de Tweede Gouden Eeuw was de Groningse fabrikantenzoon Heike Kamerlingh Onnes afkomstig uit de op één of twee na - De Vries en Korteweg - aanzienlijkste familie. Dit verklaart het 'ouderwetse' standsgevoel waarmee hij het zijn technische manusje-van-alles, Flim, afraadde om zijn zoon naar de hbs te sturen.¹⁵ Dat zou te hoog gegrepen zijn. Casimir heeft gesuggereerd dat Onnes' geloof in duidelijk onderscheiden rangen en standen ook de lichte minachting verklaart waarmee hij Lorentz behandelde. Wellicht zal dit *dédain* een rol hebben gespeeld, toen hij deze de mogelijkheid onthield om in een eigen kamertje wat experimenten uit te voeren.¹⁶ Als er al sprake is geweest van lichte sociale wrijving tussen Onnes en Lorentz, dan staat die in opmerkelijk contrast tot de eerbied, waarmee eerstgenoemde Van der Waals behandelde, die van onze coryfeeën nota bene uit het zwakste sociale milieu afkomstig was. Gedurende Onnes' hele verdere onderzoeksleven bleven Van der Waals' theorieën een richtsnoer. Vaak ging hij te rade bij zijn oudere collega. Ze liepen dan samen op van de Akademie in het Trippenhuys naar Van der Waals' huis in de P.C. Hooftstraat.

Na de hbs en zijn eerste, wat onbevredigende studiejaren in Groningen vertrok Kamerlingh Onnes op zijn achttiende naar Heidelberg, waar hij anderhalf jaar bij Bunsen en Kirchhoff echt toponderzoek in wording zag. Kirchhoff deed hem de suggestie aan de hand het mechanische bewijs voor de draaiing van de aarde van Foucault uit 1852 opnieuw te doordenken. In 1879 verdedigde Onnes in Groningen een indrukwekkend proefschrift, waarin hij liet zien dat Foucaults zestien meter lange slinger in de bewijsvoering vervangen kon worden door eentje van slechts 1,2 meter. Het betoog stond op een hoog technisch niveau en demonstreerde een

breed overzicht van de wis- en natuurkunde van die tijd. Dat kwam zeer van pas bij Onnes' werkzaamheden als docent aan de Polytechnische School, waar hij in 1880 en 1881 Bosscha en Snijders verving. In Delft begon hij ook de werken van zijn tijdgenoten te bestuderen en kon hij na korte tijd al Van der Waals' pas gepubliceerde Wet van de overeenstemmende toestanden afleiden uit fundamenteelere beginselen dan de originator zelf had gedaan. Het sprak bijna vanzelf dat hem al in 1882 een leerstoel werd aangeboden, en wel in Leiden. Zo kreeg Lorentz, die nog jonger benoemd was, zijn complement.

Kamerlingh Onnes was een goed theoreticus, een zeer goed empiricus, maar vooral een wetenschapsorganisator van het hoogste niveau. Deze manager van mensen en machines schiep het grootschalig natuurkundig laboratorium dat in de twintigste eeuw overal model heeft gestaan. Alleen met die uitrusting konden de prestaties op het gebied van het laagtemperatuuronderzoek bereikt worden, waarmee hij geschiedenis gemaakt heeft. Zoals bij Kapteyn en Lorentz zijn Onnes' prestaties het resultaat van werk van zeer lange adem. Hij deelde daarbij Kapteyns zeer ongunstige uitgangssituatie, maar kreeg halverwege de rit ook nog een unieke jarenlange reeks tegenslagen te verduren. Hij was in 1882 begonnen in het met andere faculteiten gedeelde laboratoriumgebouw aan het Rapenburg (zie afbeelding 4), maar de dynamische organisator werkte als een koekoeksjong op de benedenverdieping alle concurrenten eruit. Toen pas was er ruimte voor alle apparatuur en personeel die hij nodig had. In zijn inaugurele rede (waarin ook de befaamde aansporing 'door meten tot weten' ten doop werd gehouden) had hij plannen ontvouwd om het gedrag van materie te onderzoeken bij temperaturen niet ver boven het absolute nulpunt. Daarna publiceerde hij twaalf jaar lang niet (o nostalgie!), maar werkte hard verder. In de jaren zeventig waren de door Faraday als 'permanent' bestempelde gassen zuurstof en stikstof vloeibaar gemaakt door Cailletet en Pictet. De Fransman Cailletet comprimeerde het te koelen gas sterk en liet het daarna expanderen, waarna afkoeling tot de vloeistoffase optrad. De Zwitser Pictet voerde de zogenaamde cascademethode in. Hij ge-

bruikte drie op elkaar aansluitende kringlopen, de eerste met zwaveldioxide, de tweede met koolzuur, de derde met zuurstof. Het ging er nu in principe om in een kringloop de druk te verhogen en, na de overgang van gas- naar vloeistoffase, de overblijvende damp weg te zuigen. De vloeistof gaat dan koken en koelt af, als er geen warmte wordt toegevoerd. Op een bepaald moment is de vloeistof in de eerste kringloop afgekoeld tot beneden het kritische punt van het gas uit de tweede kringloop. Dit betekent dat het tweede gas ook tot vloeistof gecompriëerd kan worden.

Pictets methode werd door Kamerlingh Onnes verder verfijnd. Hierbij bleek zijn grote organisatorische talent. Hij had al snel gezien dat de bestaande apparatuur in veel opzichten onvolmaakt was. In 1882 stichtte hij de nog steeds bestaande instrumentmakersschool, waardoor hij kon beschikken over bekwaamere laboratoriummedewerkers dan zijn concurrenten. Vooral de namen van bedrijfsleider Flim en de Duitse chef-glasblazer Kesselring zijn bekend geworden.

Na de successen van Cailletet en Pictet, en in Polen later Wroblewski en Olszewski, werd de jacht geopend op het vloeibaar maken van waterstof. Helaas was hiervoor de gewone cascademethode ontoereikend. Er was geen gas dat tot beneden de kritische temperatuur van waterstof ($-240\text{ }^{\circ}\text{C}$) kon worden afgekoeld. Behalve de cascademethode, waarbij Onnes in de eerste trap methylchloride, in de tweede ethyleen en in de derde zuurstof gebruikte, was benutting van het Joule-Kelvin-effect nodig, waarbij het waterstof in de laatste fase herhaalde malen in een vacuüm gezogen ruimte kon expanderen.

Juist toen het laboratorium in 1892 voldoende toegerust leek om met de belangrijkste proeven te beginnen, kwam alles stil te liggen door een in Nederland toen al voorkomend verschijnsel: angst voor een onbekende technische ramp. Het Leidse gemeentebestuur had meldingen ontvangen van verontruste medeburgers die vreesden voor een ontploffing, en dat juist op de plaats waar bijna honderd jaar eerder het kruitschip in de lucht was gevlogen, de gebeurtenis waaraan het laboratorium indirect zijn bestaan te danken had. Na veel geharrewar en een kalmerend rapport van de Ko-

ninklijke Akademie (Van der Waals speelde een sleutelrol) mocht Onnes in 1896 verder gaan met experimenteren. Intussen had hij machteloos moeten toezien hoe Dewar in Londen de primeur in de wacht had gesleept. Bij het vloeibaar maken van waterstof had Dewar cascademethode en Joule-Kelvin-effect toegepast, maar ook veel te danken gehad aan een eigen uitvinding: het vat met de vacuüm gezogen verzilverde dubbele wand, nu bekend als de thermosfles (waaraan Dewar niets verdiende, omdat hij er geen patent op had genomen; zelfs zijn naam is er nu niet mee verbonden).

In de nu volgende wedloop bleken Kamerlingh Onnes' managementskwaliteiten ten tweede male beslissend. Alleen door de breedte van zijn onderzoeksorganisatie kon hij na de grote tegenslag bij de race naar het vloeibaar maken van waterstof terugkomen en zelfs alles en iedereen voorbijstreven in de wedren naar het vloeibaar maken van het laatste gas dat weerstand bood: helium.

Het vloeibaar maken van helium en de ontdekking van de supergeleiding

Nadat van de overheid in 1896 toestemming was verkregen om verder te gaan, kon na tien jaar zwoegen in februari 1906 een installatie in gebruik worden genomen die drie tot vier liter waterstof per uur vloeibaar maakte. Daarna kon de aanval op helium geopend worden. Op 10 juli 1908 begon men om halftwee's middags de heliumliquefactor (het apparaat waarin het helium uiteindelijk vloeibaar gemaakt kon worden) te koelen met vloeibare waterstof. Om kwart voor zeven werd de laatste fles waterstof aangesloten, maar bij 5 K (- 268°C) was nog steeds geen vloeibaar helium waargenomen. Een binnengelopen collega - op de Leidse universiteit was de poging van Onnes' team in brede kring bekend - suggereerde nog eens met een lamp te kijken of er niet toch wat vloeistof was. En zowaar: nu was een duidelijke vloeistofspiegel in het heliumvat te zien! In de volgende jaren werden er veel proeven bij zeer lage temperaturen genomen. Het spectaculairst was de ontdekking in 1911 dat dicht bij het absolute nulpunt de elektrische weerstand in

kwik plotseling verdween. De ontdekking van wat Onnes supergeleiding noemde, werd gedaan door de latere directeur van Philips' Natuurkundig Laboratorium, Holst, maar werd volgens de mores van die tijd op Onnes' conto geschreven.

Niet alleen had Kamerlingh Onnes het beste laboratorium gebouwd, met de beste medewerkers en de beste apparatuur. Terwijl Dewar ruziemaakte met Ramsay, de enige die hem het helium kon verschaffen dat voor de grote jacht naar het absolute nulpunt noodzakelijk was, gebruikte Onnes zijn grotere sociale intelligentie om heliumhoudend monazietzand uit Brazilië op voordelige voorwaarden te kopen via het informatiebureau voor de handel in Amsterdam, waarvan zijn broer directeur was.

Zo kon hij uiteindelijk triomferen. Hij kreeg in 1913 de Nobelprijs en zijn laboratorium werd het toonaangevende lagetemperaturenlab. Door de goede organisatie kon het dat ook blijven na zijn dood in 1926.



Kamerlingh Onnes, geschilderd door Menso Kamerlingh Onnes (1909)

Archiefmateriaal en literatuur

Het archief van Kamerlingh Onnes is, evenals de heliumliquefactor, terechtgekomen in het Rijksmuseum Boerhaave te Leiden.

Over Kamerlingh Onnes bestaat geen recente omvattende biografie. Er zijn wel veel artikelen en hoofdstukken in boeken, zoals: K. Mendelssohn, *De jacht naar het absolute nulpunt*, (wetenschappelijk bewerkt door J. de Nobel en K.J. Houwen), Hilversum: De Haan/Meulenhoff, 1966, 256 p., vooral p. 74-91; H.N. de Lang, 'Heike Kamerlingh Onnes (1853-1926). De wetenschappelijke noodzaak van lage temperaturen', in *Van Stevin tot Lorentz* (red. A.J. Kox & M. Chamalaun), Amsterdam: Intermediair, 1980, 238 p., p. 203-219; Anne C. van Helden, *De koudste plek op aarde. Kamerlingh Onnes en het lage-temperaturenonderzoek 1882-1923*, Leiden: Museum Boerhaave, 1989, 33 p. (dit boekje bevat fraaie illustraties); F.A. Staas, 'Cryogenics and Low Temperature Physics in the Netherlands', in: *History and Origins of Cryogenics* (red. Ralph G. Scurlock), Oxford: Clarendon Press, 1992, XXIV + 653 p., p. 48-100.

Dubois (1858-1940)

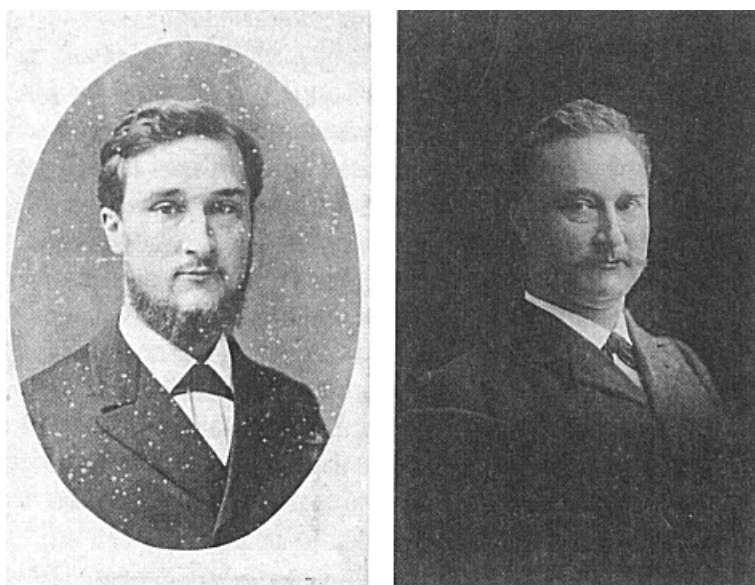
Eugène Dubois kwam evenals Peter Debije uit Zuid-Limburg. Zijn vader was apotheker in Eijsden en werd daar later ook burgemeester. De omgeving van het dorp had beslissende invloed op de latere paleontoloog en ecooloog. Hij zocht er naar medicinale planten en kwam ook in de Sint-Pietersberg met zijn gangen en hollen. Daar leerde hij de twaalf soorten vleermuizen onderscheiden en werd zijn belangstelling voor fossielen gewekt.

Toen hij twaalf jaar oud was, werd hij naar Roermond gestuurd om de hbs te volgen, die zeer belangrijk voor hem is geweest (zie ook hoofdstuk 2). In die jaren viel hij van zijn katholieke geloof af, maar toen hij in 1877 in Amsterdam medicijnen ging studeren, kwam hij toch terecht in de kring van de schrijver J.A. Alberdingk

Thijm en de architect P.J.H. Cuypers, die een katholieke renaissance voorstonden. Hij werd assistent aan de universiteit bij de in 1879 benoemde anatoom Fürbringer, een leerling van Haeckel en Gegenbaur. In 1881 werd hij ook leraar vergelijkende anatomie aan de Rijksnormaalschool voor tekenonderwijzers. Na zijn artsexamen in 1884 promoveerde hij niet, omdat hij naast zijn studie zijn achterstand als hbs'er in Grieks en Latijn niet had ingehaald (in 1897 werd hem echter als eerste een eredoctoraat aan de Amsterdamse universiteit toegekend, in botanie en zoölogie).

Hij was dan wel geen doctor, zijn onderzoekstalent stond buiten kijf. Rond 1885 deed hij belangrijk vergelijkend onderzoek naar het strottenhoofd en begon hij steeds sterker geïnteresseerd te raken in de ontwikkelingsgeschiedenis van mens en dier. Tochten door Zuid-Limburg - in de Sint-Pietersberg waren bijvoorbeeld veel fossielen te vinden - maakten hem rijp voor het grote werk. In 1886 stond zijn besluit vast. Hij zou niet aan de universiteit blijven, waar zijn kans om Fürbringer op te volgen (die een zwakke gezondheid had) eerst alleszins reëel was. Er ontstond echter een verwijdering tussen hem en zijn leermeester, toen deze volgens Dubois door een toevoeging in zijn publicatie over het strottenhoofd de indruk wekte dat een belangrijke vondst op een ontdekking van Fürbringer terugging. Het probleem of hij deze nu wel of niet zou opvolgen, werd opgelost doordat hij voor het avontuur koos: een queeste naar de 'missing link' tussen aap en mens. Iedereen was ontsteld, Dubois opgelucht. Hij tekende voor acht jaar als officier van gezondheid tweede klasse in het Koninklijk Nederlandsch-Indische Leger en vertrok in 1887 naar Indië met zijn jonge vrouw en dochtertje.¹⁷ Hij was door Darwin ervan overtuigd geraakt dat de vroegste mens in de tropen had geleefd, waar nu nog de mensapen leefden. Er was ook al paleontologisch bewijsmateriaal dat een zoektocht in onze kolonie zinvol maakte, want de pleistocene fauna van Brits-Indië had zich waarschijnlijk over land verspreid tot in Nederlands-Indië.

Dubois had het geluk dat een aanvankelijke stationering als ziekenhuisarts in Padang door gouverneur Kroesen en directeur



Dubois na de ontdekking van *Pithecanthropus erectus* als jonge onderzoeker in 1887 en als welvarend hoogleraar in 1902

Groeneveldt van het departement van Onderwijs werd omgezet in een rustige post in de binnenlanden van Sumatra. Hij had hen weten te overtuigen van het nut van onderzoek naar de vroegste mens. In 1888 vond hij veel - maar geen menselijke - fossielen. In 1889 werd hij door Groeneveldt overgeplaatst naar zijn departement en in 1890 mocht Dubois op zijn beurt het onderzoek verplaatsen naar Java. Daar was twee jaar eerder door de ingenieur Van Rietschoten in de Wadjak-grot een oude mensenschedel gevonden. Direct concurrerend met lokale fossielenzoekers (de Chinezen betaalden graag voor 'medicinale' fossielen) begon Dubois opgravingen bij de Solo-rivier op Midden-Java. Hij was er nauwelijks zelf bij aanwezig, maar de opgravingen geschieden toch behoorlijk systematisch, zoals foto's laten zien. Toen volgde de grote ontdekking.

De ontdekking van *Pithecanthropus erectus*

In oktober 1891 stuitten inlandse dwangarbeiders die voor Dubois bij de Solo-rivier aan het graven waren, op een grote steen. Al eerder hadden ze een vreemde kies gevonden. Ze lieten de steen zien aan twee sergeant-opzichters die niet veel in het ‘schildpadschild’ zagen. Gelukkig was Dubois er snel bij. Omdat het de eerste schildpad was die daar was gevonden, en het schild vreemd zwaar en donker was, nam de onderzoeker het mee naar huis om het grondiger te bestuderen. Daar kwam hij vrij snel tot de overtuiging dat hij een overblijfsel, een schedeldak, van een schepsel had gevonden dat in ontwikkeling tussen aap en mens in stond. Na de vondst van een dijbeen zo'n tien à twintig meter (dat zou nog belangrijk worden) verderop in augustus 1892, was hij zeker genoeg van zijn zaak om de ontdekking van de ‘missing link’ aan de wereld te melden. In 1894 verscheen in Batavia zijn bekendste publicatie, ‘*Pithecanthropus erectus* [de term was van Haeckel], eine menschenähnliche Uebergangsform aus Java’.

Hoewel hij door verschillende belangrijke onderzoekers (Haeckel voorop) gesteund werd, rolde er toch een golf van kritiek over hem heen: de vindplaats was niet goed beschreven, de fossielen hoorden niet bij elkaar, ze waren van een (gedefformeerd) mens, of juist van een aap, maar in ieder geval niet van iets ertussenin. Dubois reisde veel universiteiten af, maar raakte langzaam zijn overtuigingskracht kwijt. Hij werd enigszins paranoïde en liet decennialang niemand de fossielen zien.

Een van de vervelendste ontwikkelingen was dat er, ondanks een grote Beierse expeditie naar Dubois' opgravingsgebied in 1907, geen nieuwe fossielen gevonden werden. Dat zou pas later in 1936-1940 gebeuren, waarbij vooral de naam Von Koenigswald genoemd moet worden. Nu is duidelijk dat Dubois het eerste specimen van *Homo erectus* heeft gevonden en dat die voorloper van de huidige mens ook in Afrika en elders in Azië voorkwam. Zijn pionierswerk is nu volledig erkend, zoals bleek uit de honderdjarige herdenking van zijn vondsten in 1991 en het feit dat de befaamde Richard Leakey hem als voorloper erkende en enthousiast aan een boek over Dubois meewerkte.

In 1897 werd Dubois buitengewoon, in 1907 gewoon hoogleraar in kristallografie, mineralogie, geologie en paleontologie aan de universiteit van Amsterdam. Daaraan voegde hij toe: het curatorschap van de geologische verzameling van het Teylers Museum in Haarlem en het directeurschap van de Verzameling Indische Fossielen in Leiden, later de Collectie-Dubois.

Teleurgesteld in de ontvangst van zijn grote ontdekking trachtte hij eerst langs een nieuwe weg zijn gelijk te halen. Met zijn zogenaamde cefalisatieonderzoek probeerde hij aan te tonen dat er per diergroep constante verhoudingen zijn tussen hersengewicht en lichaamsgewicht. In 1922 betoogde hij dat *Pithecanthropus erectus* wat die verhouding betreft precies tussen mensaap en mens in stond. Er bleek echter weer van alles af te dingen op de hardheid van zijn gegevens en de exactheid van de verhoudingen.

Maar er was nog een andere wereld, waarin Dubois wel zijn gang kon gaan. In 1906 had hij een landgoed gekocht, De Bedelaer ten westen van de Maas bij Roermond. Hij ging daar proberen om een prehistorisch landschap opnieuw tot leven te brengen. Via verlaging van het grondwaterpeil en de kweek van allerlei exotische planten uit China en Amerika (vele daarvan werden meegenomen door zijn avontuurlijke zoon Jean) is daar een milieu ontstaan dat lijkt op dat van het vroegste interglaciale tijdperk, het Pliocene. Hij had oude kleilagen onderzocht en daar fossiele zaden gevonden, zodat er criteria waren om naar vergelijkbare planten te zoeken. Ook had Dubois grote belangstelling voor de vennen op zijn landgoed. Hij zag al in dat er verzuring van het water optrad en er samenhang was tussen waterhuishouding, bodem, plant en dier. Het gaat echter te ver en berust op anachronistisch denken, om hem te beschouwen als een pionier op het gebied van natuurbewoud in hedendaagse zin.

Archiefmateriaal en literatuur

Het Natuurhistorisch Museum van de universiteit van Leiden herbergt de Collectie-Dubois, een grote verzameling van fossielen die Dubois bijeengebracht heeft, maar ook van veel documenten die

op hem betrekking hebben. Veel familiemateriaal is terechtgekomen bij mevrouw Hooijer-Ruben in Deventer.

De belangrijkste op bronnenonderzoek gebaseerde publicatie over Dubois is: Bert Theunissen, *Eugène Dubois en de aapmens van Java. Een bijdrage tot de geschiedenis van de paleoantropologie*, Amsterdam: Rodopi, 1985, 302 p. Dit is bijna een volledige biografie van Dubois. Het boek concentreert zich op de ontdekking van *Pithecanthropus erectus* en wat daar allemaal op volgde. Het bevat onder meer een grondige analyse van Dubois' cefalisatieonderzoek.

Het gaat niet in op Dubois' ecologische werk. Dat is herontdekt door Ton Lemaire (attikelen uit 1977-'78) en komt ook uitgebreid aan de orde in het fraaie, maar wetenschappelijk wat minder precieze boek van Richard E. Leakey en L. Jan Slikkerveer, *Man-Ape, Ape-Man. The Quest for Human's Place in Nature and Dubois' 'Missing Link'*, Leiden: Netherlands Foundation for Kenya Wildlife Service, 1993, 184 p.

Eijkman (1858-1930)

Van onze Nobelprijswinnaars lijkt Eijkman het minst mysterieus. Een degelijke onderzoeker, niet zeer ideeënrijk, niet zeer productief. Toch heeft niemand ooit het grote belang van zijn ontdekking ontkend.

Christiaan Eijkmans vader was, net zoals die van Kapteyn, kostschoolhouder en onderwijzer op de Veluwe. Drie van Christiaans broers werden goede onderzoekers en, evenals bij de families Korteweg en Kapteyn, een van hen werd hoogleraar. Via de mulo van zijn vader - het gezin was inmiddels naar Zaandam verhuisd - kwam hij op de hbs. Daarnaast had hij ook Grieks en Latijn op zijn lesprogramma, zodat hij in 1875 medicijnen kon gaan studeren, eerst in Leiden, daarna in Amsterdam. Hij voelde zich aangetrokken tot de fysiologie en promoveerde in 1883 bij Th. Place op *Over de polarisatie in de zenuwen*.

In 1886 besloot de regering een commissie naar Nederlands-In-

dië te sturen om de achtergronden van beriberi te onderzoeken. De aanleiding was niet de ontdekking van de ziekte - die was al lang bekend - maar de vele slachtoffers onder de militairen die vanaf 1873 aan de Atjeh-oorlog deelnamen. De pathologen Pekelharing en Winkler leidden de commissie, waaraan Eijkman als onderzoeker werd toegevoegd. Hij was al eerder vrij snel na zijn promotie als officier van gezondheid naar Indië gezonden, maar in 1885 met malaria naar Nederland teruggekeerd. Na herstel kon hij zich een tijdje bij Robert Koch zelf op de hoogte stellen van de laatste stand van zaken in de bacteriologie. Waarschijnlijk stuitte hij in Berlijn ook op Pekelharing en Winkler, die de gemotiveerde jonge onderzoeker goed konden gebruiken.

Het wetenschappelijk klimaat van die tijd leidde er bijna als vanzelf toe dat de commissie er na een jaar van overtuigd was de oorzaak van de ziekte te hebben gevonden. De successen van Pasteur en Koch bij de verklaring van een reeks ziekten hadden diepe indruk gemaakt. Telkens als er nu een nieuwe ziekte opdook die in korte tijd veel slachtoffers maakte, zocht men direct naar besmettelijke micro-organismen. De enthousiaste bezoekers van Koch in Berlijn meldden dan ook uit Indië, dat beriberi werd veroorzaakt door een micro-organisme dat zenuwceldegeneratie teweegbracht, zoals ook het geval was bij difterie.

Omdat de commissie de veroorzaker niet had kunnen isoleren en kweken, achtte zij voortzetting van het onderzoek noodzakelijk. Dat zou moeten worden verricht in het militair laboratorium in Weltevreden, met Eijkman als directeur. Deze werkte er van 1888 tot 1896 met een paar man personeel, waaronder de capabele onderzoekers J.W.F.J. Van Eecke (die vroeg overleed) en G. Grijns, die de leiding later overnam. Het laboratorium was klein en niet al te goed geoutilleerd, maar Eijkman was handig en wist zich goed te redden.

De ontdekking van vitamine B

Tegen 1890 waren verscheidene pogingen mislukt om een ziekteverwekker voor beriberi bij mensen te vinden. Eijkman en zijn

collegae hadden echter in het Weltevredense laboratorium ontdekt dat ook kippen vergelijkbare ziekteverschijnselen konden vertonen, namelijk degeneratie van de perifere zenuwen, en niet van het ruggenmerg. In 1890 publiceerde Eijkman een artikel, 'Polyneuritis bij hoenderen', waarin een nieuwe observatie werd beschreven. Het leek van beslissend belang voor het al dan niet krijgen van de ziekte, of de kippen met gekookte dan wel rauwe rijst gevoerd werden. Zieke kippen die rauwe rijst te eten kregen, bleken zelfs geheel te herstellen. Dit bracht Eijkman ertoe aan te nemen dat gekookte rijst de verwekker van de ziekte was of hem bevatte.

Na jaren aanvullend onderzoek kwam hij in 1895 tot de conclusie dat de echte oorzaak van beriberi de verwijdering was van een van de lagen van de rijstkorrel, het zilvervlies. Eijkman dacht nu eerst dat het ontbreken van een antistof tegen infectie daarvan het gevolg was, maar langzamerhand beseftte men, dat er gewoon geen ziekteverwekkend organisme meespeelde en er geen sprake was van een bacteriële infectie. Dit inzicht brak het eerst door bij Eykmans medewerker Grijns en de inspecteur voor de Volksgezondheid op Java, Vorderman, terwijl Eijkman er zelf pas na vele jaren van overtuigd raakte. Het optreden van beriberi kon alleen verklaard worden door voedseldeficiëntie. Pijnlijk was het feit dat alleen Eijkman in 1929 een Nobelprijs kreeg. In zijn acceptatiespeech noemde hij Grijns zelfs niet eens en trok hij en passant ook nog Vordermans epidemiologisch onderzoek naar zich toe (zie voor aanvullende feiten hoofdstuk 6).

Tegenwoordig weten we dat door het wasprocédé van de rijst op Java de bestanddelen van het vitamine-B-complex - waarvan Jansen en Donath in 1926 het eerste onderdeel, thiamine (vitamine B₁) isoleerden - grotendeels worden uitgeloozd.

Al in 1898 volgde erkenning, toen Eijkman hoogleraar aan de medische faculteit in Utrecht werd. Maar de overgang naar een solide positie betekende ook het einde van een avontuurlijke periode. In zijn Utrechtse tijd heeft hij niet veel bijzonders meer gepubliceerd of ontdekt. Toch volgde nog een rijke oogst aan onderscheidin-



Eijkman, geschilderd door Jan Veth (1923)

gen, waaronder de Nobelprijs in 1929. Eijkman zal bij zijn ontslapen in 1930 een tevreden man zijn geweest.

Archiefmateriaal en literatuur

Er lijkt niet veel archiefmateriaal van Eijkman over te zijn. Een nazaat, mevrouw Eijkman-de Nerée tot Babberich in Velp, bezit een aantal dozen met voornamelijk secundaire literatuur.

Een vrij volledige biografie is: B.C.P. Jansen, *Het levenswerk van Christiaan Eijkman*, Haarlem: De Erven Bohn, 1959, 205 p.

Inmiddels is Eijkmans verhouding tot medeonderzoeker Grijns en gezondheidsinspecteur Vorderman onderzocht en incorrect bevonden: J.F. Reith, 'Christiaan Eykman en Gerrit Grijns', *Voeding*, jrg. 32, 1971, p. 180-195. Hierop werd ik geattendeerd door de anonieme auteur van het stukje over Eijkman in *Negen Nederlandse Nobelprijswinnaars*, Leiden: Museum Boerhaave, 1988, 32 p.

Eindhoven (1860-1927)

Onze eerste Nobelprijswinnaar voor medicijnen hoort evenals de vooralsnog laatste, Eijkman, tot de eerste generatie grote onderzoekers.

Willem Eindhoven werd in 1860 in Semarang geboren en verhuisde na de dood van zijn vader, een arts, in 1870 met moeder en andere kinderen naar Utrecht. Ook Willem Eindhoven, een echte bèta, leerde naast de behoorlijk zware hbs nog Grieks en Latijn, en hij deed dat zoals alles in zijn leven grondig. Hij nam zelfs een stelling over Horatius op in zijn proefschrift. Eindhoven was ook een fanatiek sportman. Na een polsbreuk bij het turnen werd het gewricht verkeerd gezet. De pijnlijke oefeningen die nodig waren om een en ander te corrigeren, leidden hem naar roeien en schermen. In elk van beide sporten, vooral de laatste, werd hij weer een uitblinker. Een groeier bij tegenslag dus, ideaal voor de wetenschap.

Na zijn Utrechtse studie bij Donders, Engelmann en Buys Ballot promoveerde hij in 1885 bij eerstgenoemde. Direct daarna, maar nog voor zijn artsexamen, werd hem al een professoraat in Leiden aangeboden. Zoals bij bijna al onze toponderzoekers was de benoeming een grote stap voorwaarts. Alleen al het jaarsalaris van vierduizend gulden zal voldoening gegeven hebben bij iemand met een studieschuld van liefst zesduizend gulden. De invloed van zijn befaamde promotor op de voordracht zal groot geweest zijn. Eveneens aan Donders dankte Eindhoven zijn wetenschappelijk adagium dat het in de regel vruchtbaarder is om oude verschijnselen met nieuwe methoden te onderzoeken dan nieuwe verschijnselen met oude methoden. Hij beschouwde zichzelf echter als minder veelzijdig dan zijn leermeester en nam zich voor slechts enkele onderwerpen te onderzoeken, maar dan zeer grondig.

In 1891 suggereerde hij zijn zwager Willem de Vogel om diens promotieonderzoek te wijden aan de elektrische activiteit van het menselijk hart, waarvoor hij grote belangstelling had opgevat. Eerder, in 1887, had A.D. Waller in Londen demonstraties gegeven van de actiestroom van het hart bij kikkers en mensen. Hij gebruikte daarvoor de capillair-elektrometer van Lippmann, een

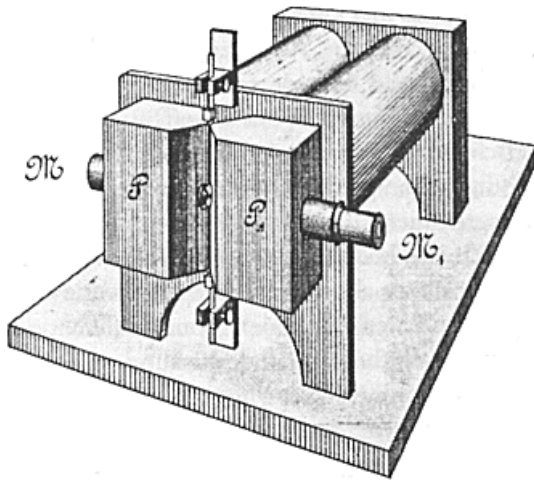
buisje dat gevuld was met kwik en dat werd gehouden in een bakje met verdund zwavelzuur. Als er een potentiaalverschil wordt opgewekt (bijvoorbeeld door de actiestroom van een hart), kan het worden overgebracht op de beide stoffen in het metertje, wat leidt tot verschuiving van het raakvlak tussen kwik en zwavelzuur. Deze verschuiving kan grafisch worden gerepresenteerd: de eerste elektrocardiogrammen.

Zoals De Sitter als hoogleraar terugging naar de collegebanken en daar van Lorentz de algemene relativiteitstheorie leerde, zo gebruikte Einthoven Lorentz' leerboek voor de differentiaal- en integraalrekening om zijn begrip van de wiskunde die ten grondslag ligt aan de cardiogrammen op een hoger plan te brengen. De snelle wisselingen in potentiaalverschil konden onmogelijk feilloos door de capillair-elektrometer geregistreerd worden en moesten dus gecorrigeerd worden voor storingen. Ook zijn studievriend en latere zwager Julius, hoogleraar natuurkunde in Amsterdam en later in Utrecht, hielp hem bij de wetenschappelijke verdieping. In die tijd was de jonge hoogleraar nog zeer onzeker van zichzelf, hoewel hij zijn levenswerk voor de komende decennia al gepland had. Hij sloeg zich manmoedig door alle problemen heen.

Elektrocardiogram en snaargalvanometer

In 1900 realiseert Einthoven zich dat de te trage capillair-elektrometer niet verder te verbeteren valt en gaat hij proberen de snellere, maar minder gevoelige spiegelgalvanometer van Deprez-d'Arsonval te verbeteren. Dit apparaat bevat een spoel met een groot aantal windingen die in een magnetisch veld is opgehangen. Einthoven vindt tot zijn verbazing dat het apparaat beter reageert als het aantal windingen wordt verminderd. Uiteindelijk blijft er geen enkele winding over, maar slechts een draad, de 'snaar'. De snaargalvanometer is geboren (1901).

M en M_1 zijn microscopen, opgesteld in boorgaten in de polen van de magneet, waarmee de snaar van kwartsdraad ($A-A_1$) respectievelijk verlicht en geobserveerd kan worden. Een elektrische



Schema van de snaargalvanometer uit: W. Einthoven, 'Le télécardiogramme', *Archives Internationales de Physiologie*, jrg. 4 (1906), p. 132-164, p. 133

stroom wordt door de snaar gevoerd en laat deze uitslaan in het constante magnetische veld. De uitslagen kunnen grafisch worden weergegeven. In 1903 worden de eerste elektrocardiogrammen die met de nieuwe meter verkregen zijn, gepubliceerd. Ze komen goed overeen met de gecorrigeerde oude cardiogrammen.

In 1902 wordt Einthoven lid van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Hij rapporteert regelmatig over zijn verbeteringen aan snaargalvanometer en elektrocardiogram. Een mooie prestatie is de aanleg van een kabel van anderhalve kilometer tussen het fysiologisch lab en het academisch ziekenhuis. De directeur van de Polytechnische School, Bosscha, speelde hierbij een belangrijke rol. Einthoven is nu eerder op de hoogte van abnormale hartreacties van een patiënt dan de chirurg. Dit roept ook spanningen op. Als Einthoven een collega-hoogleraar op grond van het cardiogram meedeelt dat hij een foutieve klinische diagnose heeft gesteld, wordt de verbinding verbroken.

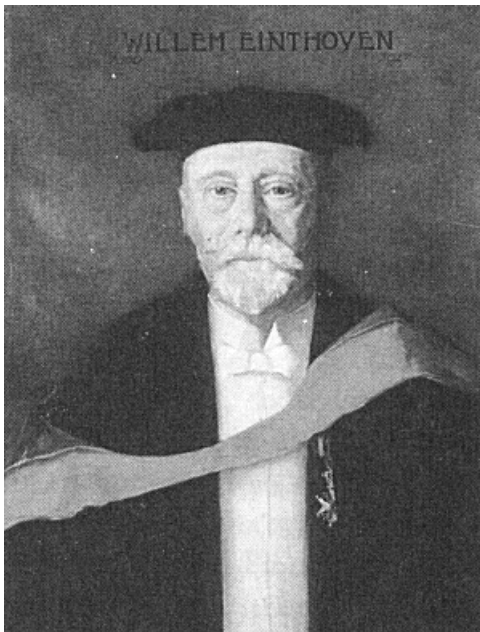
Een andere tegenslag is dat geen enkel bedrijf bereid blijkt om

de hartslagmeter in productie te nemen. Zelfs Siemens en Halske weigeren, omdat ze al te veel geld hebben uitgegeven aan niet of slecht verkoopbare nieuwe galvanometers. Er wordt hem een streek geleverd als de firma Edelmann uit München zijn meter niet wil produceren, maar kort daarna zelf met de zogenaamde Edelmann-snaargalvanometer komt. Gelukkig blijkt die van slechte kwaliteit. De industriële mores waren aan het begin van de eeuw dus niet zo verschillend van die aan het eind.

Nadat hij decennialang hard heeft gewerkt aan de ultieme verklaring van wat zijn meter nu eigenlijk meet, krijgt Einthoven in 1924 de Nobelprijs voor geneeskunde. Hij overlijdt enkele jaren later.

Archiefmateriaal en literatuur

De schriftelijke nalatenschap van Einthoven is integraal terechtgekomen bij het Rijksmuseum Boerhaave in Leiden. De papieren zijn echter in niet al te beste staat.



Einthoven, geschilderd door A.J.M. van Dijk (1926)

Lang waren er twee overzichten van Einthovens leven en werk: S. Hoogerwerf, 'Willem Einthoven', in: *Nederlandsche helden der wetenschap* (red. T.P. Sevensma), Amsterdam: Kosmos, 1946, 351 p., p. 239-297. Heruitgegeven als: S. Hoogerwerf, *Leven en werken van Willem Einthoven, grondlegger van de electrocardiografie*, Hoorn: West-Friesland, 1955, 93 p.; en: A. de Waart, *Het levenswerk van Willem Einthoven, 1860-1927*, Haarlem: Erven Bohn, 1957, XI, 258 p. Recent verschenen: H.A. Snellen, *Willem Einthoven (1860-1927). Father of Electrocardiography. Life and Work, Ancestors and Contemporaries*, Dordrecht, etc.: Kluwer, 1995, 140 p. en: P.H. Wyers, 'De snaar van de snaargalvanometer van Einthoven', *Gewina*, jrg. 19, 1996, p. 80-94. Samen lijken deze werken de behoefte aan een nieuwe biografie voorlopig overbodig te hebben gemaakt.

Eindnoten:

- 1 Al vanaf rond het begin van deze eeuw zijn biografieën van coryfeeën verschenen. Het eerste boek dat op het predikaat 'wetenschappelijk verantwoorde biografie' aanspraak mag maken was Ernst Cohens *Jacobus Henricus Van 't Hoff. Sein Leben und Wirken*, Leipzig, 1912, 638 p., maar al eerder verschenen zeer acceptabele kortere biografieën in de reeks 'Mannen en vrouwen van betekenis'.
Er is sindsdien zeer veel literatuur verschenen, de laatste decennia ook over figuren van wat minder belang. Een mooi voorbeeld: de Leids/Delftse fysicus Burgers. Alkemade (zie noot 5 bij de proloog) heeft aan diens verzameld werk een interessante biografie toegevoegd; zie: *Selected Papers of J.M. Burgers*, red. F.T.M. Nieuwstadt & J.A. Stekete, Dordrecht: Kluwer, 1995, CIX + 650 p. Behalve de in noot 5 bij de proloog genoemde biografische bundels en historische overzichtswerken zijn er drie zeer belangrijke secundaire biografische bronnen voor de Nederlandse bèta's: de *Dictionary of Scientific Biography*, red. C.C. Gillispie, 1970-1990, 18 delen, de *Jaarboeken* van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen en de vanaf 1979 verschijnende (tot nu toe vier) delen van het *Biografisch woordenboek van Nederland*, red. J. Charité. Toch zijn er nog grote lacunes. Het is natuurlijk dwaas dat er geen moderne, omvattende biografie is van Thorbecke, maar er kan ook nog veel onderzocht worden aan de grote bèta's zelf. Terwijl relatief minder belangrijke onderzoekers als de chemici Franchimont en Van Laar al een biograaf hebben gekregen en er zelfs indrukwekkende boeken zijn verschenen over Van der Waals en Kramers, bestaat er van de meeste hierna behandelde personen geen recente biografie. Promovendi, grijpt uw kans!
Ten slotte zouden meer grote onderzoekers het voorbeeld moeten volgen van H.B.G. Casimir. Het is weinigen gegeven, een zo smakelijke autobiografie te schrijven, maar ook een slecht leesbaar egodocument kan van groot belang zijn voor historici en anderen.
- 2 Zie noot 5 bij de proloog.
- 3 Zie echter de recente biografische schets in het in noot 5 bij de proloog genoemde overzichtswerk van Snelders.
- 4 Dirk van Delft, 'Heike Kamerlingh Onnes en de geleerdenbiografie', *De Gids*, jrg. 158, nr. 2, februari 1995, p. 96-102.
- 5 Zie A. Ya. Kipnis e.a., *Van der Waals and Molecular Science*, o.c. (noot 5 bij de proloog), p. 12.
- 6 Kipnis e.a., o.c., p. 20.
- 7 A.J. Kox, 'Johannes Diderik van der Waals (1837-1923)', in: *Een brandpunt van geleerdheid in de hoofdstad*, o.c. (noot 5 bij de proloog), p. 201-212, p. 210.
- 8 Idem, p. 209.

- 9 Zie noot 24 bij hoofdstuk 3.
- 10 Door Dirk van Dalen is Brouwers proefschrift opnieuw uitgegeven met een historische inleiding, waaruit Korteweg als een wijs en geduldig promotor naar voren komt, zie ook hoofdstuk 6.
- 11 In de nalatenschap van Korteweg in de UB van de Universiteit van Amsterdam bevinden zich ten minste zes relevante brieven van Gustav de Vries, en twee (en wat toegevoegde notities) van Korteweg. Terwijl de briefjes van De Vries (23 mei '92 - 9 november '93) nogal obligaats zijn, wat onderdanig en steun zoekend, zijn de twee brieven van Korteweg belangrijk. De tweede is de aanbiedingsbrief aan de Editor van *Philosophical Magazine* van 6 januari 1895, die het heeft over 'collaboration' en 'my young friend G. de Vries', de eerste een brief op poten aan De Vries, die ik kort weergeef:
 October 1893
 Geachte Heer,
 Tot mijn spijt kan ik uw dissertatie zoals ze daar ligt niet aannemen. Er is te veel vertaalkwerk in, waar ge Rayleigh of McCowan bijna letterlijk volgt. De opmerkingen en verduidelijkingen die gij zo nu en dan tusschen voegt, maken dit niet goed. De studie van de lectuur van uw onderwerp moet slechts middel zijn om te komen tot eene meer zelfstandige behandeling [*'waarbij U' is foutief ingevoegd*] in eigen gekozen bewoordingen en gedachtegang, opgewekt desnoods door de lectuur, maar niet zóó letterlijk nagevolgd. Zijt ge het onderwerp zooverre meester dat ge dit kunt doen, dan zult ge vanzelf ook allicht op kwesties stuiten door Rayleigh en McCowan opgeworpen die gelegenheid geven uwe krachten te toonen.
 Ten einde U aan den gang te helpen zend ik U de schets eener behandeling van de kwestie van de enkele golf volgens de een weinig gewijzigde methode van Rayleigh [dat punt staat in het uiteindelijk artikel volgens de aanbiedingsbrief ook centraal, B.W.].
 [K. zal zien of hij] een leidraad kan vinden om aan de hand te doen ter verdere uitwerking [...] Of ik daarin slagen zal kan ik natuurlijk niet weten [...]
 Voor een historisch overzicht van de theorie der golven, zoudt ge veel meer literatuur moeten raadplegen dan ge gedaan hebt en dat zal in Alkmaar moeilijk zijn [...] Uwe inleiding bevat thans *te* uitsluitend zaken die men in den handboeken (Lamb en Basset) even goed terugvindt [sic].
 Het is natuurlijk voor U eene teleurstelling waar gij meendet reeds bijna aan het einde van uwe taak te zijn ge nog slechts voorarbeid blijkt achter den rug te hebben. Laat U intusschen niet ontmoedigen. Ik wil gaarne mijn best doen om U [op het] paard te helpen [...].
 Deze brief dateert van een jaar voor de promotie!
 Helaas heb ik in het archief de eigen schets van een 'behandeling van de kwestie van de enkele golf' waar Korteweg naar verwijst niet kunnen vinden. In de map zit vlak voor de brief wel een ander stuk, maar dat lijkt een concept voor een college over kegelsneden.
- 12 Zie Robert Pauls inleiding in: Henrietta Hertzprung-Kapteyn, *The Life and Works of J.C. Kapteyn, an Annotated Translation with Preface and Introduction by E. Robert Paul*, Dordrecht etc.: Kluwer, 1993, XIX, 92 p. (de oorspronkelijke biografie dateert van 1928). Niet lang na de publicatie van de vertaling overleed Paul.
- 13 Het echtpaar Van Herk-Kluyver, beiden hebben Aernout de Sitter nog gekend, acht deze hypothese ook plausibel, zoals mevr. Van Herk me schreef. Prof. Van Herk heeft het archief van de Sterrewacht rond 1960 uitgedund en toen geen papieren van Kapteyn gezien.
- 14 Zie Willink (1988), p. 370-382, voor een uitgebreide behandeling van Kolbes ruziezoekerij.
- 15 Flim zou volgens het verhaal gereageerd hebben: 'Ik zou zeggen: mijn jongen, mijn geld, mijn beslissing.' (Casimir, *Het toeval van de werkelijkheid*, o.c. (noot 5 bij de proloog), p. 192).
- 16 H.B.G. Casimir, *Het toeval van de werkelijkheid*, p. 192 en 195.
- 17 Ik kan de verleiding niet weerstaan om een persoonlijke noot toe te voegen. Het dochttertje woonde later in het huis van haar vader in Bloemendaal. Mevr. Hooijer-Dubois werd in haar laatste jaren verzorgd door mijn moeder, die het moeilijk had bij deze zeer veeleisende dame. Na de dood van Dubois' dochter kreeg ik een aantal boeken van Dubois, zoals een fraaie Voltaire-uitgave en zijn hooglerarenboekje (zie hoofdstuk 6).

5 Opvolgers en vernieuwers

Van pioniers naar leerlingen

De initiatiefrijke, soms napoleontische figuren die tot nu toe de revue passeerden, kwamen bijna allen uit niet-gelovige middengroepgezinnen en grepen de nieuwe scholingskansen en carrière mogelijkheden met beide handen aan. Op het gevaar af dat hedendaagse ‘beleidsmakers’ dit lezen en denken dat het betrekkelijk simpel is om bloei te bevorderen, vat ik hier nog eens de hoofdzaken samen.

Hoewel het om kleine aantallen gaat, zijn er wel wat patronen te ontdekken in de achtergronden van de behandelde wetenschappers. De hbs stond voor zeven van de elf toponderzoekers aan het begin van de beklimming van de wetenschappelijke Parnassus. Pas vanaf Beijerinck, die geboren was in 1851, volgden deze zeven het nieuwe onderwijs van hoge kwaliteit, maar van de vier die eerder waren geboren en niet als leerling van de school konden profiteren, gaven er drie les op de hbs. Twee van hen kregen er gelegenheid om de basis voor hun onderzoekersloopbaan te leggen: Van der Waals en Korteweg.

Ongeveer even belangrijk is de tweede hoofdfactor geweest, die van het vroege hoogleraarschap, dat tijd en middelen leverde om onderzoek te doen, en zo weer leidde naar wetenschappelijke en maatschappelijke erkenning. Zeven van de elf werden jong, voor hun vijfendertigste, professor. Vier zelfs rond hun vijfentwintigste (Kapteyn, Lorentz, Van 't Hoff, Einthoven). Eveneens zeven van de elf kregen een leerstoel in de jaren direct nadat de nieuwe wet van kracht was geworden.

De start van de hbs in 1863 en het aanbod aan leerstoelen vanaf 1877 bieden een verklaring voor de clustering van geboortejaren van acht van de elf coryfeeën tussen 1851 en 1860. Hoe ging het na die tijd met de grootste talenten? Als we de geboortejaren van de in dit hoofdstuk te behandelen onderzoekers trachten te groeperen, zien we meteen het contrast met de voorgangers. De negen die nu volgen werden geboren in de veel langere periode van 1865 tot 1900. Ze gingen wel naar de hbs, die nu geen vernieuwing meer was of een onderscheidende factor ten opzichte van de voorgaande generatie, en ze waren allen leerling van een of meer leden van de pioniersgeneratie. Ik spreek daarom van de ‘leerlinggeneratie’. De leerlingen werden hoogleraar, maar moesten vaak langer wachten op een openvallende plaats. Slechts drie van de negen werden voor hun vijfendertigste hoogleraar. Belangrijker lijkt het feit dat er meer potentiële talenten zullen zijn geweest waarvoor geen leerstoel (in die tijd een van de weinige echte onderzoeksplaatsen) beschikbaar was. We zagen dat het aantal gewoon hoogleraarschappen in de faculteiten voor wis- en natuurkunde tussen 1876 en 1880 steeg van 20 naar 38. In 1930, een halve eeuw later, was dat cijfer slechts gestegen tot 59! Daarnaast waren er wel 14 buitengewone hoogleraren.¹

Het Nederlandse middelbaar- en hogeronderwijsstelsel veranderde tussen 1876 en 1940 veel minder dan tussen 1863 en 1876. Natuurlijk gebeurde er wel wat. In 1905 werd bijvoorbeeld de status van de Polytechnische School opgewaardeerd tot Technische Hogeschool en werd de discipline elektrotechniek verzelfstandigd. Ik kom daar in hoofdstuk 7 op terug. In 1917 maakte de wet-Limburg het eindelijk mogelijk dat hbs'ers zonder staatsexamen konden studeren. Het lijkt niet netjes om te spreken van ‘mosterd na de maaltijd’, maar deze wet had niet hetzelfde effect als de wet van 1863. Vergeleken met de tijd rond 1870 waren de institutionele veranderingen marginaal. Intussen werd er in Amerika, maar ook in Duitsland of Rusland, heel wat hervormd en veel extra geld in het onderzoek geïnvesteerd. Alleen al door de toegenomen internationale concurrentie was het voor de beste leerlingen van de Nederlandse toponderzoekers moeilijker geworden om op het

hoogste niveau te komen. Terwijl van de eerste generatie zes van de elf een Nobelprijs wonnen, gold dat voor twee van de negen van de hierna te behandelen tweede generatie. Als we de Vetlesenprijzen van Columbia University voor de aard- en ruimteonderzoekers Vening Meinesz (1962) en Oort (1966) gelijkstellen aan de Nobelprijs, gaat het om vier van de negen. Globaal kan gesteld worden dat het topniveau van de Nederlandse wetenschap gelijkbleef, maar dat het aantal toppers, zeker per decennium, afnam.

Van de hoogleraren uit de eerste generatie waren er een paar die grote invloed uitoefenden op de tweede generatie. Terwijl de meeste vroege coryfeeën slechts een enkele ‘leerling’ klaarstoomden voor het grote werk, hadden Lorentz en zijn opvolger, de Oostenrijkse immigrant Ehrenfest meerdere belangrijke leerlingen. We kunnen dat illustreren aan de hand van de in de *Dictionary of Scientific Biography* behandelde figuren: Lorentz was de leermeester van Zeeman, Ornstein en Stein, Ehrenfest die van Coster en Goudsmit (met Uhlenbeck, aan wie (nog) geen artikel was gewijd, de ontdekker van de ‘spin’ van het elektron²), terwijl ze beiden docent van Kramers waren. De twee invloedrijkste leermeesters waren Kapteyn en Kamerlingh Onnes. De eerste had grote invloed op alle na hem komende astronomen, zoals De Sitter, Oort en Van Maanen, maar ook op de fysicus Zernike; de tweede was leermeester van Zeeman, Clay, Kuenen, Keesom en De Haas. Van de belangrijkste leerlingen van de pioniers bekijken we nu de achtergronden, carrières en prestaties.

Zeeman (1865-1943)

In 1989 brachten de kranten het bericht dat op een Amsterdamse zolder een bijzondere vondst was gedaan. Na vertrek van de laatste bewoner bleek zich in een kamertje het archief van Nobelprijswinnaar Zeeman te bevinden, in kasten en vuilniszakken. Er was altijd door de familie ontkend dat er iets van Zeemans nalatenschap over was, maar papieren worden door zonderlingen vaak wel verwaarloosd, vernietigd worden ze niet. De gelukkige vondst

was een van de aanleidingen om het Rijksarchief in Haarlem te bestemmen tot centrale bewaarplaats voor archieven van gerenommeerde onderzoekers. Een paar jaar later was het archief van Zeeman ontsloten en kon meer licht worden geworpen op zijn belangrijkste ontdekking: het naar hem genoemde effect.

Pieter Zeeman, de eerste belangrijke onderzoeker uit de leerlinggeneratie, werd in 1865 geboren in Zonnemaire, een dorpje in de buurt van Zierikzee. Zijn vader was hervormd predikant. Pieter volgde de hbs in Zierikzee en deed in zijn hbs-tijd al onderzoek. Zijn beschrijving van het noorderlicht in oktober en november 1882 kwam via de Groningse natuurkundeleraar Groneman zelfs in *Nature*, waarna hij een belangstellende brief uit Engeland kreeg, die geadresseerd was aan ‘Professor Zeeman’.

Iedereen was het erover eens dat hij wis- en natuurkunde zou moeten studeren. De hbs-leerling werd voor zijn aanvullende studie Grieks en Latijn twee jaar lang in huis genomen door de conrector van het gymnasium in Delft. Gelukkig had hij daar veel tijd voor extra studie, zodat hij indruk kon maken op Kamerlingh Onnes en in 1885 in Leiden ging studeren. Enkele jaren later werd hij assistent van Lorentz en Onnes, en ging hij onderzoek doen dat lag op het terrein van eerstgenoemde: de invloed van magnetisme op licht. In 1892 kreeg hij een gouden medaille voor zijn onderzoek van het zogenaamde Kerr-effect, waarop hij ook promoveerde. In 1894 volgde de toelating als privatdocent in Leiden en werd het pad ingeslagen dat naar een Nobelprijs zou voeren. Hij liet zich inspireren door eerdere proefnemingen van Faraday. Als deze grote experimentator geïnteresseerd was geweest in de invloed van een magnetisch veld op de ligging van spectraallijnen, dan zou het zeker de moeite lonen de toentertijd mislukte experimenten met modernere apparatuur te herhalen.

Het Zeeman-effect

Bij voldoende verhitting van een stof wordt licht uitgezonden. Als dat door een prisma valt, worden slechts bepaalde gekleurde lijnen zichtbaar, de spectraallijnen. Faraday - en in zijn spoor

Zeeman - vermoedde nu dat deze lijnen door een magneet te beïnvloeden zouden zijn. Voor Lorentz' vroegere assistent was dat een vanzelfsprekende gedachte. In Lorentz' proefschrift was immers een zeer expliciete relatie gelegd tussen licht en elektromagnetisme.

In een in 1989 teruggevonden aantekeningenboekje kunnen de experimenten van september en oktober 1896 op de voet gevolgd worden. Zeeman hield een stuk asbest dat in een oplossing van keukenzout was gelegd, in een vlam tussen de polen van een elektromagneet. De lijnen van het resulterende spectrum waren scherp te krijgen. Nadat de magneet was aangezet, werden ze veel dikker. Na grondige herhaling - Zeeman was de scherpste criticus van zichzelf - werd de ontdekking door Kamerlingh Onnes wereldkundig gemaakt. Nog mooier was dat Lorentz al direct met een theoretische verklaring kwam, en met een suggestie voor een aanvullend experiment dat de theorie kon bevestigen.

Lorentz' elektronentheorie, toen nog ionentheorie genaamd, nam aan dat zich in elk atoom van de onderzochte stof geladen deeltjes ('ionen') bevinden die trillen rond een evenwichtstoestand. Het magnetisch veld zou nu bewerkstelligen dat in plaats van één trillingsfrequentie drie frequenties optreden, zodat behalve de oorspronkelijke spectraallijn twee nieuwe lijnen zichtbaar zouden worden. Dit bleek ook inderdaad het geval te zijn. Later werd ontdekt dat de 'ionen' geheel andere deeltjes waren dan de deeltjes met dezelfde naam die ontstaan bij elektrolyse. Bij het Zeeman-effect ging het om de 'elektronen' die J.J. Thomson niet lang daarna ontdekte. Het Zeeman-effect was een machtig instrument om 'deelen kleiner dan atomen' (Zeeman in zijn inaugurele rede uit 1900) te bestuderen en vervulde - vooral in de 'anomale' vorm ervan, waarin minstens drie spectraallijnen extra optraden - een hoofdrol in de natuurkunde tijdens de ontwikkeling van de kwantummechanica in de jaren twintig.

Het Zeeman-effect is een modelresultaat van methodisch wetenschappelijk werken - heuristisch onderzoek, hypothesevorming, voorspelling, toetsing. De ontdekking en verklaring ervan is naast de wederzijdse beïnvloeding van Van 't Hoff en De Vries

ook het mooiste voorbeeld van de productiviteit van het creatieve netwerk van de Nederlandse wetenschap anno 1900. In 1902 kregen Lorentz en Zeeman samen de Nobelprijs voor natuurkunde. Ieder kreeg een bedrag van f47.282,28 (Zeemans jaarsalaris als buitengewoon hoogleraar bedroeg f2500.-).

De Leidse onderzoeker Zeeman werd in 1896 in Amsterdam lector en in 1900 buitengewoon hoogleraar. Ondanks de Nobelprijs werd hij pas gewoon hoogleraar in 1908, als een van de opvolgers van Van der Waals. Na nog bijna twintig jaar verder magneto-optisch onderzoek begon hij in 1913 met nieuwe belangrijke experimenten: de meting van de lichtsnelheid in stromend water. Hij werd een van de toetsers van de speciale relativiteitstheorie. Einstein bedankte hem hartelijk voor zijn positieve resultaten. De direct daaropvolgende metingen van het mogelijk verschil tussen 'gewicht' en 'traagheid' van lichamen waren een indirecte toetsing



Zeeman rond 1900

van de algemene relativiteitstheorie. Omdat de metingen geen verschil lieten zien en vrijwel iedereen dat ook verwacht had, baarden deze experimenten weinig opzien. Hij had ze in zijn buitenhuis in Huis ter Heide uitgevoerd, aangezien daar minder storingen door verkeer en slappe bodem optraden.

Toen Zeeman in 1923 eindelijk een eigen modern laboratorium kreeg, was hij bijna zestig jaar oud. Onvermoeibaar, maar in betrekkelijk isolement ging hij door met nieuwe proeven, waaronder experimenten met isotopen, die hem van de atoom- naar de kernfysica brachten. Zeemans opvolging in 1935 had heel wat voeten in de aarde. Uiteindelijk werd gekozen voor de Leidse natuurkundige Gorter, die echter heel ander onderzoek wilde doen dan zijn illustere voorganger. Zeemans laatste jaren tot zijn dood in 1943 waren daarom niet alleen minder plezierig door de oorlog en zijn slechter wordende gezondheid.

Archiefmateriaal en literatuur

In 1989 haalde de vondst van Zeemans archief aan de Stadhouderskade in Amsterdam de landelijke pers. Velen zullen zich de foto's herinneren van vuilniszakken en beschimmelde papieren die na de dood van zijn zoon ontdekt werden. De zakken en ordners bleken echter een behoorlijk compleet archief te bevatten, dat onder meer een reconstructie van de ontdekking van het Zeeman-effect mogelijk maakte. Zoals de archieven van Van der Waals en Lorentz is het Zeeman-archief tegenwoordig ondergebracht in het Rijksarchief in Haarlem. Het is beschreven in: P.J.M. Velthuys-Bechthold, *Inventory of the Papers of Pieter Zeeman 1865-1943, Physicist and Nobel Prize Winner*, Rijksarchief in Noord-Holland, 1993, 298 p.

Leven en werk van Zeeman zijn helder samengevat in twee artikelen: A.J. Kox, 'Pieter Zeeman (1865-1943). Meester van het experiment', in: *Een brandpunt van geleerdheid in de hoofdstad* (red. J.C.H. Blom e.a.), Hilversum: Verloren, 1992, p. 213-228; en: A.J. Kox

en W.P. Troelstra, 'Uit het Zeeman-archief: de ontdekking van het Zeeman-effect', *Gewina*, jrg. 19 (1996), p. 153-166. Het wachten is op een volledige biografie op basis van het archief.

De Sitter (1872-1934)

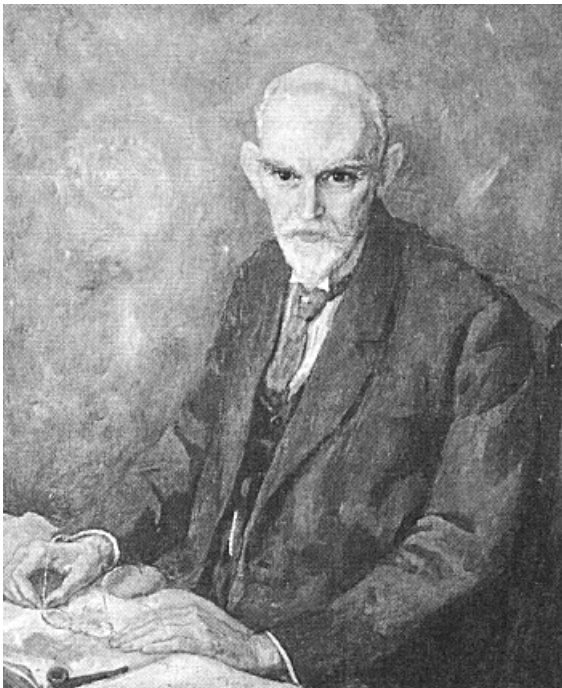
Met Willem de Sitter kreeg Nederland er na Hugo de Vries een tweede toponderzoeker bij met een gymnasiumopleiding en een notabele pa. Evenals Lorentz groeide hij op in Arnhem, waar zijn vader president van het gerechtshof was. Volgens Willems vrouw, die een gevoelige biografie van hem schreef, experimenteerde hij in zijn middelbareschooltijd met sterrenkijkers in de tuin, maar ging zijn eerste interesse op de universiteit in Groningen uit naar wiskunde. De aantrekkingskracht van Kapteyn was daarna zo sterk dat de talentvolle De Sitter zich ontwikkelde tot onze tweede grote astronoom.

De Sitter ging na zijn doctoraal in 1897 naar Kapteyns vriend Gill in Zuid-Afrika, de observator die ook veel invloed op hem zou hebben. In een fraaie omgeving bracht hij idyllische jaren door met zijn jonge vrouw. 'Ik zag hoe langer hoe meer slechts één slank lichaam, één paar ogen als sterren, die van Willem de Sitter,' schreef zij later. De indruk kan worden nagevoeld, omdat Jan Sluyters de bijna diabolische blik van de astronoom heeft vastgelegd.

De Sitter sneed in Zuid-Afrika een onderzoeksthema aan dat hem decennialang bezig zou blijven houden: de manen van Jupiter en de hemelmechanische verklaring van hun bewegingen. In 1901 promoveerde hij bij Kapteyn op een eerste analyse. In 1925 verscheen zijn laatste publicatie over het onderwerp.

In 1908 werd hij hoogleraar in Leiden als opvolger van H.G. van de Sande Bakhuyzen. Met zijn broer E.F. van de Sande Bakhuyzen, die door De Sitter pas in 1919 als directeur van de sterrenwacht werd opgevolgd, had deze vele tientallen jaren een fossiliserend bewind gevoerd. De broers hielden niet van nieuwlichterijen

als statistiek en natuurkunde in de astronomie en werkten ook Kapteyn tegen. Symbolisch is dat ze zelfs geen elektrisch licht in de sterrenwacht wilden aanleggen en een ontheffing kregen om de brandgevaarlijke olielampjes te mogen blijven gebruiken. Nadat Ernst van de Sande Bakhuyzen eindelijk was opgestapt, kon De Sitter een grondige reorganisatie doorvoeren. Er zouden twee onderdirecteuren komen. Een van hen zou een astrofysische afdeling gaan leiden, de belangrijkste vernieuwing. De benoeming van de Deen Ejnar Hertzsprung was een gelukkige. De co-ouder van het Hertzsprung-Russell-diagram - een helder overzicht van de soorten sterren naar lichtkracht, kleur en grootte - heeft zeker ook bijgedragen tot de vooraanstaande positie van de Leidse Sterrewacht tussen de oorlogen. Hertzsprungs gelukte integratie blijkt ook uit het feit dat hij schoonzoon werd van Kapteyn, die in Leiden zijn laatste zinvolle daden verrichtte.



De Sitter, geschilderd door Jan Sluyters (1933)

De Sitter was zeer goed in theoretische analyse. Zijn belangrijkste bijdrage tot de astronomische theorievorming vloeide voort uit Einsteins algemene relativiteitstheorie, die hij van Lorentz had geleerd na terugkeer in de collegebanken.

Het De Sitter-heelal

De algemene relativiteitstheorie kreeg haar definitieve vorm in een publicatie van november 1915. Daarin geeft Einstein een oplossing van de veldvergelijkingen waaruit voortvloeide dat het heelal statisch zou zijn en een eindige dichtheid zou bezitten. Men besepte toen al dat de materie in het heelal zeer ongelijkmatig was verdeeld, maar dat de gemiddelde dichtheid zeer gering was, geringer dan het beste op aarde bereikbare vacuüm.

In 1916 en 1917 publiceerde De Sitter drie artikelen over 'Einstein's Theory of Gravitation and its Astronomical Consequences' in de *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. In het derde artikel liet hij zien dat er ook een oplossing van Einsteins vergelijking mogelijk was waarin het heelal een gemiddelde dichtheid van nul had. De oplossing impliceerde echter dat het heelal niet statisch was, maar expandeerde. Toen bijna direct daarna de Amerikaanse astronoom Slipher in 1917 aantoonde dat andere melkwegstelsels zich verplaatsten, en toen de interpretatie daarvan met behulp van het Doppler-effect nog geen kritiek ondervond, kwam De Sitters heelal in het centrum van de belangstelling te staan. Niet alleen de Belgische abbé-wiskundige Lemaître, de Russische meteoroloog Friedmann en de Engelse astronoom Eddington, maar ook Einstein en De Sitter zelf ('Einstein-de Sitter-heelal'), vonden daarna nog meer mogelijke heelalmodellen, waarin de kosmologische constante λ en de kromming van de ruimte een centrale rol speelden.

De Sitter ontwikkelde zijn kosmologische ideeën in samenspraak met vooral Ehrenfest, maar profiteerde ook van het feit dat Einstein sinds 1920 bijzonder hoogleraar aan de Leidse universiteit geworden was en er tot in de jaren dertig regelmatig doceerde en studeerde. Zo kwam in 1932 ook het fundamentele arti-

kel tot stand waarin het Einstein-de Sitter-heelal werd voorgesteld. Vlak voor zijn dood in 1934 vatte De Sitter zijn eigen werk (zonder dat zijn naam of het voornaamwoord 'ik' valt) en dat van Kapteyn samen in de Lowell-lezingen die hij aan de Harvard-universiteit hield en die werden gepubliceerd onder de titel *Kosmos*.

Een andere zeer belangrijke bijdrage van De Sitter was zijn tweedelig werk over de astronomische constanten, zoals de afstand tussen zon en aarde (1927 en 1938, postuum). Het bestreek het hele gebied van geodetische metingen op aarde tot die van planeet- en sterbewegingen.

Zijn gezondheid was sinds de Eerste Wereldoorlog een bron van zorg. Kuren in Zwitserland maakte het mogelijk dat hij op een breed terrein tot zijn dood actief bleef. Van 1925 tot 1928 was De Sitter president van de Internationale Astronomische Unie. In die functie deed hij veel voor de verbroedering van de door de Eerste Wereldoorlog gespleten astronomische gemeenschap.

Archiefmateriaal en literatuur

De Sitters schriftelijke nalatenschap werd na zijn dood opgeslagen op de zolder van de oude sterrenwacht. Nu bevindt ze zich, evenals die van zijn voorgangers Kaiser en Van de Sande Bakhuyzen en van zijn opvolger Hertzsprung in de kelder van het Huygens-laboratorium van de Leidse universiteit.

Helaas - maar voor jonge capabele onderzoekers gelukkig - is er geen gedetailleerde inventaris en moet een wetenschappelijke biografie nog geschreven worden.

Daarbij kan ook worden uitgegaan van korte levensschetsen, zoals van professor Blaauw in de *Dictionary of Scientific Biography* en het *Biografisch woordenboek van Nederland*, en de romantische impressie van De Sitters vrouw, E. de Sitter-Suermondt, *Willem de Sitter. Een mensenleven*, Haarlem: Tjeenk Willink, 1948, 116 p.

Pannekoek (1873-1960)

Evenals zijn tijdgenoot De Sitter was Anton Pannekoek astronoom en hoogleraar, maar daar houden de overeenkomsten ongeveer op. Na de vlekkeloze loopbaan van de keurige De Sitter valt de lezer bij een beschrijving van de levensloop van Pannekoek van de ene verbazing in de andere.

Het begon allemaal in een heel gewoon middenklassegezin uit Vaassen op de Veluwe (ook Lorentz, Eijkman en de collega-astronomen Kapteyn en De Sitter kwamen uit die streek). Daar was Antons vader bedrijfsleider bij een kleine metaalgieterij. Pannekoek ging naar de hbs en deed in die tijd, evenals Zeeman voor hem, al op zijn vijftiende astronomische waarnemingen. Toen reeds zag hij met zijn fenomenale gezichtsvermogen dat de ster Algol uit het sterrenbeeld Perseus periodiek zwakker schijnt, de basis voor zijn proefschrift uit 1902.

Tezelfdertijd werd zijn belangstelling voor politiek gewekt, toen zijn leraar natuurkunde en kosmografie Smit, een vriend van Domela Nieuwenhuis, in 1887 werd ontslagen omdat hij in het openbaar had gepleit voor de invoering van het algemeen kiesrecht.

In 1891 ging Anton in Leiden studeren. Daar viel hij in de smaak bij de astronomenbroers Van de Sande Bakhuyzen die, zoals we in de levensschets van De Sitter zagen, een rigide en steriel regime hadden gevestigd. Al voor zijn promotie op de periodieke verandering in de lichtsterkte van Algol (die dus een dubbelster bleek te zijn) had Pannekoek een, zeer uitzonderlijke, vaste aanstelling aan de sterrenwacht gekregen. Niet alleen in de sterrenkunde ging zijn ontwikkeling snel. In zijn vrije tijd had hij zich ook al grondig verdiept in het socialisme. Hij was in 1899 lid geworden van de SDAP. In 1906 gaf hij zijn baan aan de sterrenwacht op, omdat hij er wegwijnde en omdat de grote Karl Kautsky hem op grond van zijn eerste in het Duits verschenen politieke publicaties vroeg om in Berlijn socialistische kadercursussen te verzorgen. Naast Gorter en Henriëtte Roland Holst had Pannekoek zich toen al ontwikkeld tot een vooraanstaand theoreticus.



Pannekoek in zijn Berlijnse tijd (1906-1909)

Tussen 1906 en 1918 was hij in de eerste plaats politicus en trok hij op met de groten. Toen hij na de Russische Revolutie kritiek uitte op de machtspolitiek van Lenin, nam deze Pannekoek serieus genoeg om hem in een pamflet terecht te wijzen. In die jaren ontstond ook verwijdering tussen hem en Henriëtte Roland Holst, die de bolsjewieken steunde. De verdedigers van het arbeidersradencommunisme, zoals Gorter en Pannekoek, kwamen in een toenemend isolement. Hun ideeën raakten weer en vogue in de jaren zestig, zodat tijdens de Portugese Anjerrevolutie portretten van Pannekoek bij manifestaties verschenen.

Bij het uitbreken van de Eerste Wereldoorlog in 1914 keerde hij naar Nederland terug. Er brak een treurige tijd aan van tijdelijke leraarsbaantjes en armoede voor zijn gezin. Het was dan ook een heuglijke tijding, toen De Sitter hem voorstelde hoogleraar en onderdirecteur van de Leidse Sterrewacht te worden. Helaas drong het tot de regering door, dat het communistische regime van Bela Kun Pannekoek tot 'Erelid van de Hongaarse Revolutie'

had benoemd. Premier Ruys de Beerenbrouck blokkeerde de benoeming. Direct daarna werd Pannekoek echter in 1918 op voorspraak van L.E.J. Brouwer benoemd tot buitengewoon lector aan de universiteit van Amsterdam, die toen nog niet door het landsbestuur beïnvloed kon worden. Voor één dag in de week nam hij de astronomiecolleges van Korteweg over, en gaf hij wiskundecolleges aan bijvakkers. In 1921 werd hij gewoon lector en kon hij een eigen Sterrenkundig Instituut stichten. Tezelfdertijd werd hij partijloos. Veel studenten zullen zich nauwelijks gerealiseerd hebben dat hun gedegen docent een revolutionair geweest was van internationale bekendheid. In 1925 werd Pannekoek hoogleraar. Zijn onderzoeksprogramma had inmiddels een hoge vlucht genomen.

Pionier van de astrofysica

In 1920 had de Indiase astronoom Megh Nad Saha (1893-1956), later hoogleraar in Allahabad en Calcutta, een vergelijking gepubliceerd die de mate van ionisatie van gassen beschrijft. Pannekoek zag als een van de eersten de toepassingsmogelijkheden van deze ionisatiewet van Saha op de spectra van steratmosferen.

In de atmosferen van sterren heerst geen thermodynamisch evenwicht. Die atmosferen worden geacht te bestaan uit verschillende lagen met een andere temperatuur en druk. Saha's wet werd door Pannekoek nu zo toegepast dat daar rekening mee werd gehouden. De processen van ionisatie en recombinatie van atomen in de steratmosferen, en de effecten daarvan op de uitgezonden spectra moesten worden doorgerekend. Veel rekenwerk deed Pannekoek zelf. De Nederlandse astrofysica werd in Amsterdam van de grond af opgebouwd. We zien hier een herhaling van Kapteyns prestatie. Pannekoeks instituut was ook geen sterrenwacht en maakte vooral gebruik van fotografisch materiaal uit verschillende bronnen. Dan is er nog een mooie parallel met De Sitter. Zoals die zich verdiepte in de relativiteitstheorie, moest Pannekoek zich inwerken in de kwantummechanica, waarna hij jarenlang de enige Amsterdamse hoogleraar was die er college in gaf.

Ook op andere gebieden van de astronomie heeft Pannekoek belangrijke bijdragen geleverd. Bij zijn analyse van de bouw van het melkwegstelsel ging hij zoals altijd sterk empirisch te werk. Hij had aandacht voor allerlei afwijkende verschijnselen, zoals zeer zwakke sterren, donkere materie en de groepering van sterren, waaronder ook de spiraalarmen van het melkwegstelsel. In een aantal publicaties nam hij prachtige eigen tekeningen van de melkweg op, zoals in zijn indrukwekkende boek *De wonderbouw der wereld. De grondslagen van ons sterrenkundig wereldbeeld* (1916). Ten slotte schreef hij omvattende werken die het gat tussen sociale theorie en sterrenkunde enigszins dichtten: een dikke geschiedenis van de astronomie, *De groei van ons wereldbeeld*, met veel aandacht voor de sociale achtergronden ervan, die een internationaal succes werd (1951, recente Engelse Dover-editie 1989) en *Antropogenese. Een studie over het ontstaan van de mensch* (1945).

Als men Pannekoeks oeuvre enigszins tracht te overzien is alleen al de veelzijdigheid adembenemend. Hij was als onderzoeker een uitstekend theoreticus en waarnemer, een glashelder docent, een briljant tekenaar en wis- en rekenkundige, en hij schreef en sprak goed zijn talen. Eigenlijk was hij nog veelzijdiger dan Lorentz, maar zijn oeuvre vertoonde niet zo'n eenheid en zijn theorieën werkten niet tot in alle hoeken en gaten van de wetenschap door.

Archiefmateriaal en literatuur

De schriftelijke nalatenschap van Pannekoek is verloren gegaan bij de Slag om Arnhem in 1944. Er zijn echter veel andere papieren bewaard gebleven: 1,7 meter manuscripten en andere bescheiden op politiek en filosofisch gebied worden bewaard bij het Internationaal Instituut voor Sociale Geschiedenis in Amsterdam, enig wetenschappelijk materiaal en dagboekjes zijn te vinden op het Sterrenkundig Instituut 'Anton Pannekoek' van de Universiteit van Amsterdam.

In Pannekoeks in 1982 uitgegeven *Herinneringen*, scrupuleus gescheiden in 'Herinneringen uit de arbeidersbeweging' en 'Sterren-

kundige herinneringen', staan ook essays van Sijes en Van den Heuvel over Pannekoeks politieke en sterrenkundige werk. Eerder verschenen over Pannekoeks socialisme: Cajo Brendel, *Anton Pannekoek, theoretikus van het socialisme*, Nijmegen: Sun, 1970, 207 p. en: John Garber, *Anton Pannekoek and the Socialism of Workers' Self-emancipation 1873-1960*, Dordrecht: Kluwer, 1989, xxv + 250 p. Zijn hedendaagse Amsterdamse opvolger E.P.J. van den Heuvel vatte recent Pannekoeks leven en werk nog eens samen in: 'Antonie Pannekoek (1873-1960). Socialist en sterrenkundige', in: *Een brandpunt van geleerdheid in de hoofdstad* (red. J.C.H. Blom e.a.), Hilversum: Verloren, 1992, p. 229-245.

Brouwer (1881-1966)

Laten we een moment pauzeren. De sterrenparade is bijna ten einde, maar opnieuw doemt een Grote Ster op. Bij het schrijven van de biografische schetsen had ik niet vaak een gevoel van 'onnavolgbaar, die man'. Het trad op bij Van der Waals en Pannekoek: wat een energie en doorzettingsvermogen! Bij Lorentz en Brouwer komt het gevoel op met een andere nuance. Hier is genie zichtbaar in de zuiverste vorm: wonderkinderen, in ieder geval wonderstudenten, die al heel jong wereldprestaties neerzetten.

Al vroeg in de levensloop van Luitzen Egbertus Jan Brouwer was de buitengewone aanleg zichtbaar. Op zijn negende werd de onderwijzerszoon toegelaten tot de hbs (in Hoorn), die hij in Haarlem op zijn veertiende afmaakte. Toen hij op zijn zestiende ook de gymnasiumdiploma's alfa en bèta had gehaald, volgde de universitaire studie wis- en natuurkunde aan de universiteit van Amsterdam.

De wiskunde was in Nederland anno 1897 niet van het niveau van de natuurkunde. Weliswaar was er de vuurpijl Stieltjes geweest en werd precies in die tijd de Korteweg-de Vries-vergelijking geboren, maar er was geen fundament gelegd voor een duurzame traditie. Met Brouwer kreeg Korteweg een leerling die een 'Nederlandse school' creëerde, hoewel Korteweg bepaald geen leidersfiguur

was. Er ontstond na de Eerste Wereldoorlog een los netwerk van elkaar onderwijzende en beïnvloedende figuren die bepaalde thema's aansneden. Brouwer was veruit de belangrijkste van hen.

Bertus Brouwer was een onconventionele man. Met zijn twaalf jaar oudere vrouw, die een apotheek dreef in Amsterdam, leefde hij in Blaricum een leven van vegetarisme en natuurbeleving. Men trapte dauw en liep soms naakt in de tuin. Hij was ascetisch en individualistisch, naar binnen gekeerd, gericht op ideeën en op een wereld waarvan hijzelf de wetten bepaalde. Een mysticus is hij genoemd, maar ook een 'Gerechtsfanatiker', omdat hij wel degelijk aan het leven van alledag kon deelnemen en dan zijn beginselen, en ook die van underdogs, fel en compromisloos kon verdedigen. Brouwer was geen groot docent, stond tegen het bord te praten, maar had altijd een open oor voor ontluikend talent en hield zijn hele leven lezingen, die soms grote invloed hadden. Een legendarisch voorbeeld is de Weense voordracht uit 1928, die Ludwig Wittgenstein terugbracht naar de filosofie.

In 1905 had hij zijn filosofie van de wereld en de wiskunde zo ver ontwikkeld dat hij een eerste samenvatting presenteerde. Een reeks lezingen in Delft verscheen als *Leven, kunst en mystiek*, een filippica tegen de wereld van zijn tijd. Het doet soms sterk aan Rousseau denken: de mens had zich vervreemd van de natuur, die hij had misbruikt. Nog erger, hij had macht gezocht en verkregen over zijn medemens. Brouwer hield een vurig pleidooi voor onthechting. Weg uit de gecorrumpeerde maatschappij en terug naar verinnerlijking. Het boekje had niet veel weerklank. Hij zond het zijn leermeester Korteweg, die schrok en er alles aan deed om Brouwers proefschrift, waar deze tegelijkertijd aan werkte, zoveel mogelijk vrij te houden van zijn mystieke en solipsistische filosofie. Zo werd Brouwer gedwongen zich in dit eerste meesterwerk te beperken tot wiskunde en filosofie van de wiskunde, al was die laatste dan ook revolutionair. In Brouwers dissertatie werden thema's aangesneden die hem en anderen tientallen jaren stof tot nadenken gaven.

DE OPBOUW DER WISKUNDE

„Een, twee, drie . . .”, de rij dezer klanken (gesproken ordinaal-getallen) kennen we uit ons hoofd als een reeks zonder einde, d. w. z. die zich altijd door voortzet volgens een als vast gekende wet.

Rekenkunde
der geheele ge-
tallen.

Naast deze rij van klankbeelden bezitten we andere volgens een vaste wet voortschrijdende voorstelingsreeksen, zoo de rij der schriftteekens (geschreven ordinaal-getallen) 1, 2, 3 . . .

Deze dingen zijn intuïtief duidelijk.

Laat ik nu de rij afbreken b.v. bij 23, en laat ik er dezelfde afgebroken rij nog eens onder schrijven; tusschen beide rijen bestaat dan een correspondentie één aan één. Verwissel ik twee van de getallen der bovenste rij van plaats, dan blijft de correspondentie één aan één bestaan. Door zulke verwisselingen kan ik zorgen, dat een uitgekozen element van de eerste rij correspondeert met het element 1 der tweede rij; dán dat een uitgekozen

3

Eerste bladzijde van het proefschrift van Brouwer (1907)

Het was het begin van een in de Nederlandse wetenschap ongeëvenaarde reeks creatieve prestaties. Evenals de dissertatie van Van der Waals heeft Brouwers *Over de grondslagen van de wiskunde* (1907) buitenlandse onderzoekers ertoe gebracht om Neder-

lands te leren.³ Het boek was ook het beginpunt van twee ontwikkelingen in het denken van Brouwer zelf, het intuïtionisme en het topologische werk.

Een van de opvallendste kenmerken van Brouwers werk is de samenhang van al zijn ideeën. Er loopt een rechte lijn van het boekje uit 1905 tot de laatste gedachten van ver na de Tweede Wereldoorlog. Alle wetenschappelijke prestaties en filosofische standpunten komen voort uit de kiemcellen van *Leven, kunst en mystiek* en het proefschrift. Centraal staat het individuele zelf.⁴ In *Over de grondslagen van de wiskunde* wordt beschreven, hoe de wiskunde door het menselijk bewustzijn kan worden opgebouwd uit een oerintuïtie, ‘die men zowel kan noemen constantheid in wisseling als eenheid in veelheid’. Bij de schepping van de wiskunde is de ervaring van de wereld overbodig. Het is voldoende om uit te gaan van het enige a-priori wat er is: niet de ruimte, maar de tijd.⁵ Tien jaar later ontwikkelt hij daaruit de fundamentele notie van de ‘keuzerijen’ en baseert mede daarop de intuïtionistische wiskunde.

Brouwers proefschrift zet zich fors af tegen de filosofie van de wiskunde van zijn tijd, tegen Bertrand Russells logicisme, dat de wiskunde ziet als deel van de logica, en David Hilberts formalisme, dat van wiskundige theorieën eiste dat ze voldeden aan bepaalde voorwaarden: consistentie en volledigheid. Uit een theorie mag niet zowel een bepaalde uitspraak als de ontkenning daarvan kunnen worden afgeleid, en alle ware uitspraken op een gebied moeten afleidbaar zijn. Hilbert (1862-1943) en de formalisten probeerden met strikt syntactische middelen formele theorieën te construeren die aantoonbaar consistent en volledig zijn. Er wordt slechts uitgegaan van een domein van objecten waarover de theorie gaat, een aantal primitieve termen, axioma's en regels om uit de axioma's nieuwe stellingen af te leiden. Consistentie en volledigheid van een wiskundige theorie kunnen dan bewezen worden door te laten zien dat ze een ‘model’ is van een formele theorie. Brouwer betoogde nu terecht dat het bewijs van de consistentie van een formele theorie weer een axiomatische formele theorie op een hoger niveau vooronderstelt en dat men zo onbeperkt door

kan gaan. Hij zag maar één manier om een oneindige regressie te voorkomen: stoppen bij een intuïtief juiste theorie die een constructie is van de menselijke geest.

In 1908 publiceerde Brouwer een belangrijke aanvulling: in de intuïtief juiste theorie geldt een belangrijk logisch principe níet, dat van het ‘uitgesloten derde’, dat wil zeggen: een uitspraak of zijn ontkenning is waar, een derde mogelijkheid is er niet. Zo wordt de reserve verklaarbaar die Brouwer had tegenover de wiskunde van de oneindige verzamelingen, het geesteskind van Georg Cantor (1845-1918). Deze had uit de niet-aftelbaarheid van de verzameling der reële getallen besloten tot het bestaan van ‘over-aftelbare’ verzamelingen, terwijl hij geen beginsel presenteerde op grond waarvan het continuüm (de verzameling der reële getallen) te construeren was. Uit de onwaarheid van een bewering had hij foutief de waarheid van haar ontkenning afgeleid. De hele wiskunde moest gegrondvest worden op eindige intuïties. Die waren zelf gebaseerd op de notie tijd, het verstrijken van momenten die het mogelijk maakt te tellen. In de jaren twintig kwam Brouwer met een manier om het continuüm te construeren: uit ‘keuzerijen’, oneindige rijen van getallen die min of meer vrij gekozen worden.

In het proefschrift was nog geen sprake van een uitgewerkt programma voor de opbouw van de wiskunde. Dat volgde pas later. Vanaf 1909 kwam de filosoof van de wiskunde wel tot een reeks geweldige prestaties in de wiskundige praktijk. In een paar jaar bewees hij een aantal fundamentele stellingen in de topologie, een tak van de wiskunde die door Poincaré (1854-1912) voorlopig was afgerond. Brouwer liet zien dat een volledig nieuw begin mogelijk was. Traditionele meetkunde hield zich bezig met transformaties van figuren, waarbij lengte van en hoek tussen lijnstukken onveranderlijk zijn (congruentie). Steeds verdergaande abstrahering leverde uiteindelijk de meetkunde van figuren op die slechts ‘continu vervormd’ hoefden te zijn, dat wil zeggen: niet gescheurd, maar slechts door buiging, uitrekking of draaiing uit elkaar voortgekomen. Een mooi voorbeeld van een tussen 1909 en 1913 door Brouwer bewezen theorema is zijn ‘dekpuntsstelling’ (‘fixed-point

theorem'). Hij bewees die voor n dimensies, maar men krijgt een aardig inzicht in de betekenis ervan door haar te beschouwen voor een ééndimensionale lijn.

Brouwers dekpuntsstelling

Een eerste indruk van het probleem kan verkregen worden door een wat ingewikkelder geval te nemen: een kopje koffie met een uiterst dunne laag slagroom erop. Als we een tijdje in de slagroom roeren (in kookboeken staat vaak: roeren, niet kloppen!) verplaatsen we delen van de room.

Volgens de dekpuntsstelling is er nu altijd minstens één punt dat zijn oude plaats niet verlaat of op die plaats terugkomt. Als je geen ingewikkelde roerpatronen volgt, maar alleen in precieze cirkels roert, blijft het middelpunt op zijn plaats. Een ander voorbeeld is een blad papier dat zonder scheuren tot een prop wordt gekneed. Als het binnen de oorspronkelijke omlijning van het blad wordt gelegd, heeft de prop eveneens minstens één dekpunt gemeen met het origineel.

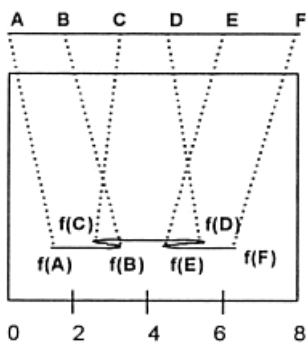
We kunnen een informeel bewijs geven. Daarbij gaan we uit van het eenvoudigste, ééndimensionale geval: een lijnstuk. We hebben een keurig rechtlijnig touwtje van 8 centimeter (zie het horizontale lijnstuk boven de eerste figuur, pagina 150) gevouwen tot een touwtje waarvan delen nu over andere delen liggen (zie de 'slinger' onder in dezelfde figuur; eigenlijk mag er geen ruimte tussen de 'bochtjes' van de slinger te zien zijn, maar dat is tekentechnisch onmogelijk). Op het touwtje in de oorspronkelijke vorm hebben we zes punten aangegeven: A t/m F. De nieuwe posities die ze na het vouwen ten opzichte van elkaar innemen, zijn aangegeven met $f(A)$ t/m $f(F)$. Het symbool 'f' betekent 'functie'. Elke waarde X van punten van de oorspronkelijke figuur correspondeert met een waarde $f(X)$ in de gevouwen figuur. Zo correspondeert met A de waarde $f(A)$, ongeveer 1,5.

In de tweede figuur is de functie $f(X)$ zelf grafisch weergegeven. Bovenin, en indirect dus op de horizontale as, zijn de oorspronkelijke zes punten A t/m F opnieuw weergegeven, op de verticale as de zes nieuwe posities. Ten slotte is in de derde figuur

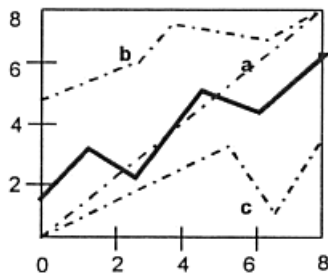
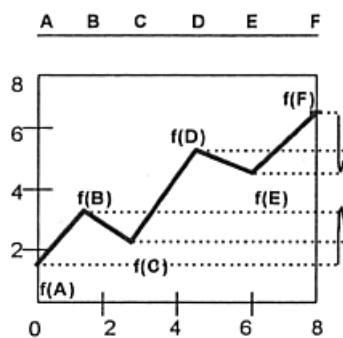
de afbeelding te zien van het oorspronkelijke touwtje op zichzelf: het is de diagonaal a van het vierkant tussen de horizontale en verticale assen. Het gaat er nu om dat kan worden aangetoond dat de afbeelding van het oorspronkelijke touwtje de afbeelding van een op welke manier dan ook gevouwen touwtje altijd zal snijden. In figuur 3 is duidelijk te zien dat de afbeelding van het door ons gevouwen touwtje de diagonaal snijdt. Zijn er nog andere mogelijkheden? Het is makkelijk in te zien dat alle andere mogelijke afbeeldingen altijd op de horizontale as moeten beginnen bij 0, en eindigen bij 8. In figuur 3 zijn de enige afbeeldingen ingetekend die de diagonaal niet snijden, b en c . In die gevallen worden de dekpunten echter gevormd door 0 op de x -as, 0 op de y -as, respectievelijk 8 op de x -as, 8 op de y -as.

(Dit voorbeeld is afkomstig uit: Marvin Shinbrot, 'Fixed-point theorems', *Scientific American*, januari 1966, herdrukt in: *Mathe-*

figuur 1



figuur 2



figuur 3

matics in the Modern World (red. Morris Kline), San Francisco etc.: W.H. Freeman, 1968, 409 p., p. 145-150. Het artikel bevat ook ingewikkelder voorbeelden.)

In de jaren twintig werd Brouwer, die in 1912 hoogleraar was geworden doordat Korteweg zijn leerstoel opgaf, steeds invloedrijker. Samen met Van Eden en Mannoury was hij betrokken bij de oprichting van het Internationaal Instituut voor Wijsbegeerte en de Signifische Kring, waarover in hoofdstuk 6 meer. Hij kreeg ook belangrijke intuïtionistische leerlingen, zoals Heyting en Freudenthal. Zijn internationale bekendheid nam sterk toe, tot er in 1928 een scherp conflict ontstond met de uitgedaagde oude leeuw Hilbert. Die liet de redactie van het tijdschrift *Mathematische Annalen* aftreden en zonder mederedacteur Brouwer opnieuw



Brouwer als jong hoogleraar in 1912

samenstellen, wat de Nederlander zo schokte dat hij lange tijd niet meer tot wiskundige arbeid kwam.

Na de Tweede Wereldoorlog keerde Brouwer terug naar de filosofie en werkte hij veel ideeën verder uit tot hun afronding. Hij was echter in toenemende mate door allerlei ruzies⁶ in een isolement geraakt, wat tot op heden consequenties lijkt te hebben. In 1966 werd hij op hoge leeftijd voor zijn huis doodgereden. De enige wiskundige aan het graf was zijn leerling Max Euwe, een groot verzoener (onder anderen tussen de schakers Fischer en Spassky). Later zijn er wel herdenkingsartikelen verschenen, maar noch enige Nederlandse onderzoekschool noch het Mathematisch Instituut van de Amsterdamse universiteit is naar hem genoemd.

Archiefmateriaal en literatuur

Toen Brouwers verzamelde werken werden uitgegeven in 1975-'76, schreef Freudenthal nog dat er geen schriftelijke nalatenschap meer over was. Daarna werd echter pas een speurtocht op touw gezet door Dirk van Dalen en Walter van Stigt. Er bleek gelukkig nog zeer veel te achterhalen. De nalatenschap is voorlopig ondergebracht bij het Mathematisch Instituut van de universiteit van Utrecht. Kopieën bevinden zich in De Meern bij professor Dirk van Dalen, die aan een omvattende biografie werkt.

Na de fraaie uitgave in 1975-'76 van Brouwers verzameld werk in het Engels (*Collected Works*, Amsterdam etc.: North Holland, 2 delen, 1975-'76, uitgegeven door Heyting respectievelijk Freudenthal) is er ook al een eerste filosofisch overzichtswerk verschenen: Walter P. van Stigt, *Brouwer's Intuitionism*, Amsterdam etc.: North Holland, 1990, xxvi + 530 p. Biografische overzichten zijn te vinden in Van Stigts boek, een artikel van A. Heyting in *De Gids*, jrg. 130, 1967, p. 287-294 en in Dirk van Dalen, 'L.E.J. Brouwer. Wiskundige en mysticus', in: *Erflaters van de twintigste eeuw* (red. H.W. von der Dunk e.a.), Amsterdam: Querido, 1991, 314 p., p. 231-263. Van Dalen heeft ook enig gepubliceerd en ongepubliceerd werk opnieuw uitgegeven: Brouwers proefschrift, aan-

gevuld met bewaard gebleven boeiende correspondentie met promotor Korteweg, Amsterdam: Mathematisch Centrum, 1981, 267 p.; Brouwers *Cambridge Lectures on Intuitionism*, Cambridge: Cambridge University Press, 1981, 109 p.; de briefwisseling met zijn jeugdvriend, de dichter Adama van Scheltema, *Droeve snaar, vriend van mij*, Amsterdam: de Arbeiderspers, 1984, 173 p. en de Berlijnse voordrachten uit 1927, *Intuitionismus*, Mannheim: Bibliographisches Institut, 1992, 161 p.

Vening Meinesz (1887-1966)

Met Felix Andries Vening Meinesz kreeg de Nederlandse natuurwetenschap er een grand-seigneur bij. Hij was bijna twee meter lang, een zoon van de burgemeester van Rotterdam (later Amsterdam) en een man van onberispelijke omgangsvormen en grote charme. Die maakten het hem mogelijk om bijna tweehonderdduizend kilometer af te leggen als toegevoegd lid van bemanningen van benauwde duikboten, en in die decennia ook 22 jaar president te zijn van de Association Géodésique Internationale.

Meinesz studeerde na de hbs civiele techniek in Delft. Direct na het behalen van zijn ingenieursexamen werd hij door de Rijkscommissie voor de Graadmeting en Waterpassing gevraagd om deel te nemen aan zwaartekrachtmetingen in Nederland. Dat zou beslissend blijken voor zijn levenswerk. Al gauw bleek namelijk dat de grond zo slap was dat nergens trillingsvrij gemeten kon worden. Vening Meinesz' eerste prestatie was een passende reactie: een proefschrift waarin hij systematisch alle mogelijke storingen behandelde, *Bijdragen tot de theorie der slingerwaarnemingen* (1915). Hij kon bewijzen dat bij een apparaat waarin twee slingers van gelijke grootte waren opgehangen in hetzelfde frame en waarin deze slingers slingerden in hetzelfde vlak en in tegengestelde fase, de storende horizontale versnellingen geen invloed hadden op het verschil in de uitwijkingen van beide slingers. Dat verschil kon via spiegels en lichtstralen worden geregistreerd op film, alsof het de beweging van een virtuele slinger was. Met de 'nieuwe' slinger

konden nauwkeurige metingen gedaan worden.

Toen Meinesz de nu succesvolle metingen te land wilde voortzetten op het water, mislukte dat echter opnieuw. De storende versnellingen waren te groot. De uitdaging was echter ook groot. Tot die tijd waren geofysische metingen beperkt gebleven tot nationale territoria. Meting op zee zou het mogelijk maken de hele aarde op te meten en te bepalen welke vorm ze precies had. Astronomische waarnemingen en driehoeksmeting te land hadden al uitgewezen dat de aardbol aan de polen afgeplat was. De vraag was nu of daarvan aan de evenaar eveneens sprake was.

Een hoofdingenieur van de Staatsmijnen, Van Iterson, had het lumineuze idee om een onderzeeboot te gebruiken. In 1923 maakte Vening Meinesz de eerste grote tocht, met de kleine (630 ton) onderzeeër K 11 ('K' betekende 'Koloniën', daar was de standplaats) naar Java. Pas na een vreselijke storm die de aanleiding was tot de constructie in Gibraltar van een ophanginrichting die het rollen van de boot kon compenseren, werden de eerste succesvolle metingen verricht op enkele tientallen meters diepte. Er was echter nog steeds een langdurige analyse van de meetgegevens nodig. Nadat Meinesz een nog verfijnder instrument had geconstrueerd, werd het mogelijk om grotere aantallen waarnemingen te doen in kortere tijd. De belangrijkste resultaten werden geboekt op lange tochten met drie boten.

Geofysische onderzeebootreizen met de K II, K XIII en K XVIII

Met de K II voer Vening Meinesz in 1925 voor het eerst naar Java en deed hij zijn eerste waarnemingen van de zwaartekracht. Met de K XIII - de verhouding tussen Meinesz en de marine bleef goed - werd de eerste grote oogst binnengehaald. Op drie tochten (zonder escorte, ook een primeur) tussen 1926 en 1930 naar Panama en Java werden bijna driehonderd metingen verricht. In 1935 volgden de 237 metingen op de K XVIII, waarbij Java via Buenos Aires en Kaapstad werd bereikt. Na verdere tochten, vooral met de O 16, maakte het uitbreken van de Tweede We-

reldoorlog een einde aan Vening Meinesz' zeeveldwerk.

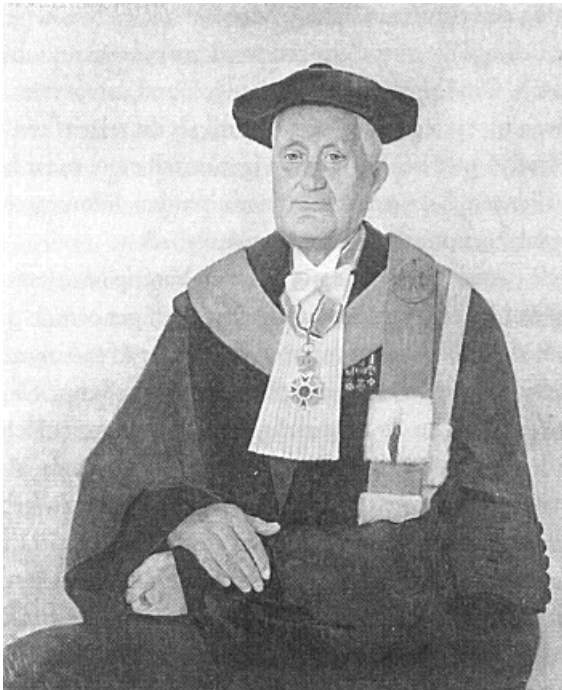
Twee belangrijke ontdekkingen werden op de oceanische tochten gedaan. Om te beginnen werd aangetoond dat de evenaar een cirkel is en niet is afgeplat. Tegenwoordig is dit relatief eenvoudig vast te stellen met behulp van navigatiesatellieten, maar het was toentertijd een hele prestatie: tienduizenden kilometers varen onder vaak zeer onaangename omstandigheden.

Met de tweede ontdekking is de naam Vening Meinesz onsterfelijk geworden: de vondst van de naar hem genoemde gordels. Rondom de Stille Oceaan werden duidelijke afwijkingen in de zwaartekracht gemeten, die een patroon vertoonden. Ze lagen op één lijn, parallel aan de bergachtige kust van de werelddelen.

Een derde resultaat van de onderzeebootreizen was Meinesz' verklaring van het ontstaan van de diepzeetroggen en gebergtes langs de gordels. Alfred Wegener (1880-1930) had eerder, in 1912-'14, de theorie gelanceerd dat de aardkorst uit schollen bestaat die uit elkaar drijven en op elkaar botsen (continentendrift). Hij nam aan dat de schollen bewegen onder invloed van een zogenaamde poolvluchtkracht, die samenhangt met de aswenteling van de aarde. Deze bleek echter te zwak. Vening Meinesz was eerst sceptisch over de schollentheorie en vond een plausibeler verklaring voor de krachten die de aardkorst in beweging brengen. In de aardbol zouden 'convectiestromen' optreden, cirkelvormige stromingen van diep in de aarde naar het oppervlak en weer terug, die de aardkorst doen 'knikken'. Later nam hij Wegeners schollentheorie over en kon hij met de convectiestromen het drijven der continenten verklaren.

Vening Meinesz leefde voor wetenschap, kunst en cultuur. Hij trouwde nooit, maar had een huishoudster die hij van zijn ouders had overgenomen. Gasten kon hij zeer genereus ontvangen, zodat hij een internationale aardkundige legende werd. Bijzonder was ook zijn 'beking' tot de Hervormde Kerk na de behouden terugkomst - het was een wel heel zware reis geweest - van de K XVIII.

Zijn carrière verliep redelijk vlot en bevredigend. In 1927 werd hij buitengewoon hoogleraar in geodesie, cartografie en geofysica



Vening Meinesz in vol ornaat, geschilderd door Jan Boon (1957)

in Utrecht, in 1939 ook in Delft. Van 1945 tot 1951 was hij daarnaast nog hoofddirecteur van het KNMI in De Bilt. Ook internationaal brak hij snel door, vooral met de eerste vier delen van *Gravity Expeditions at Sea* (1932-1948). Daarna kwamen zijn presidentschappen van internationale verenigingen. In 1962 kreeg hij de Vetlesenprijs van Columbia University, het Nobelprijsequivalent voor aard- en ruimteonderzoekers.

Archiefmateriaal en literatuur

De schriftelijke nalatenschap van Vening Meinesz bevindt zich op de universiteitsbibliotheek van de universiteit van Utrecht (zes meter archiefmateriaal).

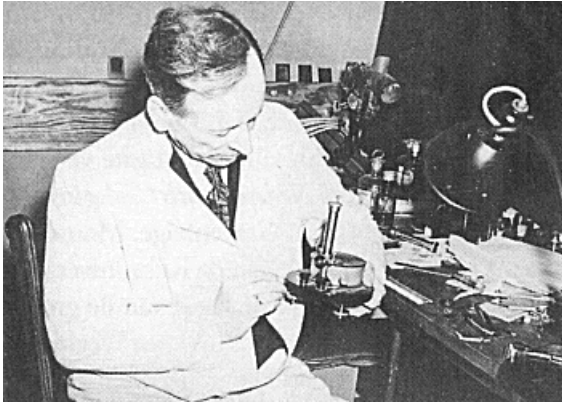
Er is een aantal korte essays over hem geschreven, waaronder een redelijk uitgebreide biografie in de *Dictionary of Scientific Biography* van de hand van Nieuwenkamp.

Ook bestaat er een *Gedenkboek F.A. Vening Meinesz*, dat werd uitgebracht ter gelegenheid van zijn zeventigste verjaardag in de *Verhandelingen van Koninklijk Nederlandsch Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap*, mei 1957, 's-Gravenhage: Mouton, 310 p. (in het exemplaar van de bibliotheek van de Rijksuniversiteit Utrecht staan correcties van vermoedelijk de hand van de grote man zelf, maar ontbreekt het laatste artikel, van A. van Weelden). Er is zeker behoefte aan een omvattende biografie. Eén boek bestaat al. Een verslag van zijn duikbootreizen, compleet met jongensboekromantiek, is geschreven door Albert Chambon, *100.000 zeemijl per onderzeeboot met professor Vening Meinesz*, Den Helder: De Boer, 1939, 191 p.

Zernike (1888-1966)

Frits Zernike is de enige Nobelprijswinnaar die door de universiteit van Groningen is voortgebracht. Hij is bepaald niet de enige onderwijzerszoon in onze parade (zie Kapteyn, Eijkman, Brouwer en Heyting) en had zelfs evenals Kapteyn een moeder die onderwijzeres was. Van het grote, intellectueel stimulerende gezin werd zijn zuster Elisabeth een bekend schrijfster (zie hoofdstuk 6).

Frits Zernike was als student al zeer veelzijdig. Na de hbs studeerde hij meerdere exacte wetenschappen in zijn geboorteplaats Amsterdam. Hij promoveerde in 1915 in de scheikunde, maar had toen al intussen twee prijsvragen gewonnen over onderwerpen die ook lagen op natuurkundig gebied. Zijn brede interesse en creativiteit werden het eerst in carrièrekansen vertaald door de astronoom Kapteyn, wiens assistent hij tussen 1913 en 1915 werd. Tot echte samenwerking kwam het in Groningen echter vooral met de natuurkundige Ornstein (zie hoofdstuk 7), die hij in 1915 als lector mathematische fysica opvolgde na Ornsteins vertrek naar Utrecht. In 1920 werd hij hoogleraar.



Zernike met galvanometer (1939)

Ook Zernike bezat een zeldzame combinatie van talenten. Hij was een zeer goed wiskundige, getuige alleen al het in 1928 verschenen overzicht ‘Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematische Statistik’ in het *Handbuch der Physik*. Tussen 1911 en 1930 was hij vooral actief op wiskundig en mathematisch-fysisch terrein. Daarnaast was Zernike een bijzonder handig experimentator, die alle kneepjes van het vak beheerste en onder meer een zeer gevoelige galvanometer construeerde. Tussen 1930 en 1942 verschoof zijn aandacht naar de optica, waar hij theoretische bijdragen aan leverde, maar waar hij ook zijn technische gaven ten volle kon benutten. In de jaren dertig ontwikkelde hij de microscoop waaraan zijn naam voorgoed is verbonden.

De fasecontrastmicroscoop

In een spectrum dat met behulp van een tralie (reeks evenwijdige spleten) wordt ontworpen, treden zogenaamde spooklijnen op, zwakke begeleiders van de spectraallijnen. Zernike toonde aan - en dat was een grotere wetenschappelijke prestatie dan uit deze simpele beschrijving naar voren lijkt te komen - dat er een faseverschil bestond van een kwart golflengte tussen hoofdlijnen en spooklijnen. Hetzelfde verschijnsel treedt op bij een beeld dat

door een optische spiegel wordt geproduceerd. Het centrale hoofdbeeld verschilt ook in fase met bepaalde afwijkende beelden. Met een klein 'faseplaatje' kan een faseverschuiving van juist een kwart golfengte worden bewerkstelligd, zodat afwijkingen scherp kunnen worden vastgesteld en betere spiegels worden geslepen.

Na 1930 paste Zernike de fasecontrastmethode toe op de microscoop. Zo konden vooral van levende structuren veel scherpere beelden verkregen worden. Biologische objecten, zoals cellen, zijn geheel doorschijnend, zodat een gewone microscoop geen structuur laat zien. Als men kleurstoffen inbrengt, worden de cellen gedood. De verschillende structuren in een cel hebben echter wel een verschillende brekingsindex, waardoor het uittredende licht verschillende fasen krijgt. Zernike breidde nu het objectief van de microscoop uit met een ringvormig diafragma en een klein faseringetje. Hij kon zo de faseverschillen omzetten in verschillen van licht en donker (en eventueel kleuren) en bereikte een saillante verbetering van het contrast. Ook is het nu niet meer nodig de cel te doden, zodat het lukte om voor het eerst een celdeling te laten zien. De Amerikaan Arthur T. Bryce was er zo enthousiast over dat hij onmiddellijk de uitvinder opzocht. Aan Bryce heeft Zernike de erkenning te danken die hem in 1953 als een van de laatste klassieke fysici de Nobelprijs zou opleveren. Hij stond met zijn vinding aan het begin van een ontwikkeling die zou leiden naar de holografie.

Over de industriële ontwikkeling van zijn microscoop bestaat nog steeds onduidelijkheid. Vast staat dat Zernike veel heeft geëxperimenteerd in het laboratorium van mevrouw dr. C.E. Bleeker, die in Utrecht een instrumentmakerij had. Er was ook interesse van de optische industrie voor de vinding, hoewel in de biografische literatuur het tegendeel wordt beweerd. Niet Zernike, maar de firma Zeiss blijkt reeds in 1932 het vaak genoemde patent te hebben aangevraagd, waarbij de originator van de microscoop zelfs niet wordt genoemd (zie Maksymilian Pluta, 'Addendum to Frits Zernike - life and achievements', *Optical Engineering*, jrg. 32 nr. 12, december 1993, p. 3182-3183). Na de oorlog

werd Zernike door de Amerikanen op de hoogte gebracht van de vorderingen bij Zeiss, maar dit lijkt niet tot grote conflicten te hebben geleid en heeft zijn erkenning evenmin in de weg gestaan.

Zernike was een aardig en bescheiden mens. Hij ging allerlei eenvoudige plichten en werkzaamheden niet uit de weg en had grote belangstelling voor het middelbaar onderwijs, waar hij vaak als gecommitteerde bij examens optrad.

Er was wel een langzame evolutie van een wat wereldvreemde geleerde die dikwijls de tijd vergat, naar een socialer mensentype. Na tot 1930 met zijn schrijvende zuster Elisabeth te hebben samengewoond, trouwde hij en werd een goede familievader. Alle erkenning na de oorlog maakte hem ook tot een helder en gewild spreker. Hij stierf na een lang ziekbed in 1966.

Archiefmateriaal en literatuur

Er lijkt niet al te veel archiefmateriaal van Zernike overgebleven te zijn. Zijn opvolger als hoogleraar, de van Philips' Nat. Lab afkomstige H. Brinkman, heeft in 1988 een tentoonstelling aan Zernikes werk gewijd. Verzamelde secundaire literatuur, werk van Zernike en uitgetypte banden met interviews bevinden zich in het universiteitsmuseum van de universiteit van Groningen. Op de universiteitsbibliotheek is nog wat ander materiaal (correspondentie) te vinden. Tot dusver zijn alleen enkele korte biografieën verschenen: *Frits Zernike. Groninger Nobelprijswinnaar 1888-1966*, (red. H. Brinkman), Amsterdam: North-Holland, 1988, 32 p., waarin ook Zernikes afscheidscollege uit 1958 is opgenomen; Hedzer Ferwerda, 'Fritz Zernike - Life and Achievements', *Optical Engineering*, jrg. 32 nr. 12, december 1993, p. 3176-3181. Het in bovenstaand kader vermelde addendum laat zien dat er zeker behoefte bestaat aan een uitgebreidere biografie op basis van alle beschikbare materiaal.

Kramers (1894-1952)

Hendrik Anthony Kramers kon alleen al door zijn initialen gezien worden als Lorentz' opvolger. Dat bleek hij niet helemaal te zijn, maar deze zoon van een Rotterdamse arts was wel een formidabel wis- en natuurkundige met nog veel andere talenten. Muzikale - hij speelde goed piano en cello - en literaire, en ook taalkundige, die hij gemeen had met zijn broer Jan, een belangrijk Leids arabist.

Het zag er eerst niet naar uit dat hij Nederlands belangrijkste natuurkundige van zijn tijd zou worden. Toen hij na veel wikken en wegen in de jaren tien na de hbs voor de theoretische fysica koos, werd hem door zijn leermeesters Ehrenfest en Lorentz verweten dat hij niet serieus genoeg studeerde. Hij liep niet genoeg college en leek altijd met andere dingen bezig te zijn. Er zijn gemengde berichten over de verhouding tussen Ehrenfest en Kramers. Volgens een van Kramers' dochters hadden ze een niet al te beste leraar-leerlingverhouding, waaruit voor de laatste een weinig glorieuze toekomst leek voort te vloeien. Volgens de wiskundige Struik,⁷ die tegelijk met Kramers doctoraalexamen deed, had Ehrenfest toch wel veel ontzag voor Kramers' wiskundige capaciteiten en zijn ze altijd vrienden gebleven.

Hoe het ook zij, na zijn doctoraal in 1916 verbaasde hij velen voor het eerst met de manier waarop hij het lot in eigen hand nam. Midden in de Eerste Wereldoorlog kon hij gebruikmaken van een regeling voor studenten en naar Kopenhagen reizen. Daar aangekomen stuurde hij Niels Bohr, over wiens waterstofatoommodel (1912) hij gelezen had, een brief met het verzoek om te mogen praten over verdere studie en zelfs samenwerking. Hij had geen introductiebrieven (en zou die waarschijnlijk ook niet gekregen hebben), was niet gepromoveerd en ook Bohr stond pas aan het begin van zijn indrukwekkend onderzoekersleven en had geen positie te vergeven. Op aanraden van zijn broer, de wiskundige Harald, stemde Bohr toe in een ontmoeting. Hans Kramers werd daarop Bohrs eerste assistent. Hij moet heel snel de indruk hebben gegeven dat hij vooral wiskundig veel in zijn mars had en

Bohr juist in dat opzicht zou kunnen helpen. In de tien volgende jaren kwam dat uit, en overtrof hij de verwachtingen nog. Kramers werd Bohrs vertegenwoordiger op aarde.⁸ Hij gaf het meeste onderwijs van beiden, werkte ideeën uit, loste wiskundige problemen op, ontving veel bezoekers, die hij Bohrs standpunten uitlegde, en vond nog tijd voor eigen belangrijk onderzoek. Tot aan zijn dood was hij bezig met de theorieën waar Bohr de grote pionier van was, vooral die over de elektronenmantel en straling. Met kernfysica hield hij zich niet bezig.

In zijn model van het waterstofatoom had Bohr als een van de eersten de kwantumtheorie van Planck verwerkt. Elektronen bevinden zich slechts in bepaalde banen rond de kern, en atomen zenden bij de sprong van een elektron naar een lagere baan een pakketje energie uit van een bepaalde vaststaande omvang. Kramers zou dit nu voor het op een na eenvoudigste atoom, helium, uitwerken. Dat mislukte volledig. Er was nog niets bekend over de effecten van de bij helium veel complexere atoomkern en er was ook bij de beschrijving van de elektronenmantel nog een lange weg te gaan. Kramers heeft de tocht intensief meegemaakt. Bohr ontpopte zich als de leidende figuur in de atoomfysica in de jaren 1916-1925 en zijn assistent kon hem goed volgen, wellicht te goed. In 1921 kwam Kramers bijna op de verklaring van het 'Comptoneffect'. Dat betekende de aanvaarding van het bestaan van het foton, iets wat Bohr om allerlei redenen absoluut niet wilde. In resulterende scènes liet Bohr zien wie de baas was en oefende hij zo veel druk uit dat Kramers zelf als bekeerling decennialang het foton te vuur en te zwaard bestreed. Het is mede een verklaring van Kramers' latere wonderlijke schroom om revolutionaire stappen te nemen.

Na een aantal andere prestaties, waaronder in 1919 een belangrijk proefschrift (hij ging daarvoor weer naar Leiden) over de meting van de intensiteit van spectraallijnen op basis van Bohrs atoommodel, schreef hij in 1924 en 1925 zeer belangrijke artikelen.

Van Lorentz via Bohr tot Heisenberg: de dispersierelaties

De klassieke theorie over de verstrooiing (dispersie) van licht door een atoom was een van Lorentz' grootste successen. Door een atoom waarop licht valt op te vatten als een harmonisch trillende dipool, kon hij afleiden dat de frequentie van het binnenvallende licht gelijk is aan die van het door het reagerende atoom uitgestraalde licht.

De atoomtheorie van Bohr was lange tijd niet met de klassieke dispersietheorie te verzoenen. De frequenties van uitgestraald licht waren bij Bohr alleen gerelateerd aan de energiever verschillen tussen kwantumniveaus, die niets met frequenties van mechanische trillingen te maken hebben. Kramers probeerde nu de theorieën van de vaderfiguren Lorentz en Bohr met elkaar te verzoenen door bij atomaire kwantumovergangen het bestaan van 'virtuele' oscillatoren aan te nemen. Zo konden nieuwe vergelijkingen worden afgeleid (Kramers' 'dispersierelaties'), die een verband legden tussen de frequenties van invallend en uitgestraald licht en Bohrs kwantumtheorie van het atoom. Het lot van Kramers' volgens velen belangrijkste prestatie is symbolisch voor zijn hele werk. De dispersierelaties werden gepubliceerd na een belangrijk artikel van Bohr, Kramers en Slater over stralingstheorie (de BKS-theorie). Ze waren daar historisch en logisch onafhankelijk van, maar werden (ook door Kramers zelf) gezien als onverbreeklijk ermee verbonden. Met de BKS-theorie liep het echter slecht af. De theorie nam geheel foutief aan dat de wet van behoud van energie niet zou gelden op het niveau van de elementaire deeltjes en ontkende het bestaan van fotonen, dat niet lang daarna ondubbelzinnig zou worden aangetoond.

Nog erger voor de erkenning van Kramers' historisch belang was het feit dat hij de belangrijkste resultaten van zijn dispersietheorie publiceerde met de jonge Werner Heisenberg als co-auteur. Kramers stond in 1925 op het toppunt van aanzien en creativiteit. Hij kon grootmoedig zijn. Hoewel Heisenberg maar een

fractie van het werk had gedaan, kreeg hij een veel groter deel van de credits. Kort daarna ontwikkelde Heisenberg zijn matrixmechanica. Hij ging daarbij uit van het atoom als samengesteld uit een oneindig aantal van Kramers' (en officieel ook zijn eigen!) virtuele oscillatoren. De uitgezonden frequenties werden beschreven door de coördinaten van tabellen (matrices). Zo werd Kramers' fundamentele bijdrage moeiteloos opgenomen in Heisenbergs werk, en historisch overschaduwd.

Wie schetst Kramers' verbazing, en latere teleurstelling, toen Heisenberg uitgaande van het 'gezamenlijke' artikel tot zijn doorbraak kwam, die een decennium van verdere reuzenstappen inluidde. Hij was zo geschokt dat hij na een bezoek in Heisenbergs toenmalige woon- en werkplaats Göttingen (voor Brouwer was dat twee jaar later ook de poort naar de hel) er niets over vertelde toen hij terugkwam in Kopenhagen.

Nadat hij was hersteld, miste hij in 1928 opnieuw een zeer be-



Kramers rond 1935

langrijke primeur. Dirac was hem net te snel af bij de publicatie van de relativistische theorie van de elektronenspin - die in november 1925 was ontdekt door Ehrenfests leerlingen Uhlenbeck en Goudsmit. Inmiddels was Kramers na de klap die Heisenberg had uitgedeeld, in 1926 naar Nederland teruggegaan. Na een vreemd grillige benoemingsprocedure (onder meer was hij niet warm door Lorentz aanbevolen) werd hij de opvolger van Julius in Utrecht en in 1934 na Ehrenfests zelfmoord diens opvolger in Leiden.

Hij publiceerde nog steeds veel, en niet alleen over atoomtheorie en kwantummechanica, maar leek aangeslagen door zijn bijnatreffers. Hij had al nooit willen vechten voor erkenning, en dat syndroom werd nu versterkt. Zeer belangrijk werk over elektronen- en stralingstheorie kwam terecht in Kramers' grote tweedelige werk over kwantumtheorie (1933, 1938), dat door de onderzoekers aan het wetenschappelijke front natuurlijk niet of nauwelijks gelezen werd. Het uitbreken van de Tweede Wereldoorlog droeg er nog meer toe bij dat ook zijn werk uit de jaren dertig niet de aandacht kreeg die het verdiende. Toen hij na de oorlog op de hoogte werd gebracht van de ontwikkelingen in Amerika, bleek zijn theoretische aanpak voor een deel te zijn verouderd. Hij had die te veel gebaseerd op niet-relativistische overwegingen. Een aantal van zijn ideeën bleek echter nog steeds richtinggevend. De relativistische elektrodynamica van Schwinger, Feynman en Dyson ging (alleen Schwinger erkende dat) deels uit van suggesties van Kramers. Die was na zijn bezoek aan Amerika verbijsterd over het feit dat Europese sterren als Pauli en Heisenberg waren voorbijgestreefd door een stel 'Joodse jongens uit de woestijn' (hij was zeker geen antisemiet, maar kon verbanden scherp verwoorden). Ook nu herhaalde zich de geschiedenis: Kramers kreeg niet de erkenning die hij verdiende. Pas na 1955, toen de jonge Amerikanen de buit al binnen hadden, werd hij erkend als pionier van de nieuwe elektrodynamica. Drie jaar daarvoor was hij aan longkanker overleden.

Misschien dat de publieke erkenning van zijn atoompolitieke activiteit na de oorlog de wetenschappelijke teleurstellingen heb-

ben verzacht. In 1946 werd Kramers voorzitter van de wetenschappelijke subcommissie van de Atoom Energie Commissie van de Verenigde Naties. Zijn kennis van zaken en talenkennis maakten hem daarvoor bij uitstek geschikt. Bevredegend was het werk slechts tot op zekere hoogte. De principebesluiten tot beheersing en controle van de kernbewapening werden al snel door de Koude Oorlog ingehaald. Daarna is Kramers er door de Amerikanen zelfs van verdacht een 'atoomspion' te zijn, al bleek niets van geldelijk voordeel. Er zijn zelfs bronnen die melden dat hij zijn onkosten bij de Verenigde Naties uit eigen zak moest betalen. Zelfs als atoompoliticus was Kramers uiteindelijk een miskend genie.

Archiefmateriaal en literatuur

Tot voor enkele jaren was het archiefmateriaal in bezit gebleven van de familie, die het genereus ter beschikking stelde van Max Dresden. Deze baseerde er zijn biografie op. De schriftelijke nalatenschap is nu ondergebracht bij het Rijksarchief in Haarlem. Belangrijk is ook het brievenmateriaal in het Niels Bohr-Instituut in Kopenhagen.

In 1987 publiceerde Max Dresden zijn grote Kramers-biografie, *H.A. Kramers - Between Transition and Revolution*, New York: Springer Verlag, 1987, 563 p. Dit boek behandelt Kramers' wetenschappelijke werk zeer grondig. Het benadrukt wellicht iets te veel de donkere kant van de miskenning en de depressies. Kramers kende ook wetenschappelijke en wereldse successen als weinig Nederlanders van zijn tijd. Toch is het boek een tot nu onovertroffen prestatie in de Nederlandse geschiedschrijving van de wetenschap. Sindsdien is weinig van belang aan de literatuur over Kramers toegevoegd. Interessante details over zijn werk voor de Verenigde Naties, de 'spionage' en zijn buitenechtelijke verhouding met een Amerikaanse fysica staan in: Gerard Mulder, Cees Wiebes en Bert Zeeman, 'De zaak-Kr.', *NRC Handelsblad*, Zaterdag Bijvoegsel van 2 mei 1992, p. 1-3. Dit lange artikel moet men wel van A tot Z lezen. Pas aan het einde blijkt dat Kramers' 'spionage' allemaal

verdachtmakerij was. Er zou een nieuw boek over Kramers' wetenschappelijke werk op komst zijn van de hand van D. ter Haar.

Heyting (1898-1980)

De derde wiskundige die de revue passeert, voegt zich mooi in een reeks: Brouwer promoveerde bij Korteweg, Heyting bij Brouwer. De drie verschillen hemelsbreed van elkaar. Heyting was een ‘zuivere’ wiskundige als Brouwer, dit in tegenstelling tot Korteweg, maar bepaald geen solipsist of mysticus. Hij publiceerde de eerste Nederlandse wetenschappelijke artikelen van internationaal belang op het gebied van de logica. Vóór hem was er het meer filosofische werk van Mannoury en Brouwers ‘Over de onbetrouwbaarheid der logische principes’ (1908), na hem werd Evert Beth de grondlegger van een hele traditie.

Evenals Brouwer was Arend Heyting de zoon van een onderwijzer, die zich had opgewerkt tot schoolhoofd. Na de hbs deed hij eerst staatsexamen gymnasium bèta en ging vervolgens wiskunde studeren in Amsterdam, waar Brouwer zich inmiddels een grote naam verworven had. In 1925 promoveerde hij op *Intuitionistische axiomatiek der projectieve meetkunde*. Hij was jong en veelbelovend, maar het was nu echt afgelopen met de universitaire banen voor dit soort talenten. Heyting werd leraar aan twee middelbare scholen in Enschede. Hoewel hij belangstelling had voor didactiek, was het leraarschap op den duur voor hem weinig bevredigend. Hij werd na veertien jaar leraarschap privaatdocent in Amsterdam en kon daar een jaar later, in 1937, eindelijk lector worden. In de tussentijd had hij dan ook baanbrekend werk verricht.

De formele regels van de intuïtionistische logica

Brouwer had een zeer ambivalente houding tegenover taal. Eerst achtte hij communicatie door middel van taal vrijwel onmogelijk. In zijn signifiante periode was hij optimistischer en probeer-

de hij methoden te vinden om taal effectiever te maken. Later werd hij weer sceptisch en was zijn toenemende isolement min of meer een geval van self-fulfilling prophecy. Zijn leven lang schreef Brouwer in een hoogst originele, maar moeilijk te volgen eigen taal en terminologie. Ook zijn wiskundige werk werd daardoor beïnvloed. Brouwers haat-liefdeverhouding tot taal was hecht verweven met de aantrekkelijkheid en afstotelijkheid die de logica in zijn ogen had. Het was bijzonder moeilijk voor collegawiskundigen, maar ook voor filosofen en andere belangstellenden, om te achterhalen wat Brouwer nu precies voor alternatieven had voor de logische wet van het uitgesloten derde en hoe zijn gedachten over bewijsvoering doorwerkten in de intuïtionistische wiskunde.

Het optreden van Heyting bracht licht in de duisternis. Het Wiskundig Genootschap had, op initiatief van Mannoury, dapper een prijsvraag uitgeschreven: wie kon Brouwers wiskunde axiomatiseren? Heytings inzending werd in 1928 bekroond en na verdere uitwerking in 1930 als een reeks van drie artikelen gepubliceerd door de Pruisische Academie van Wetenschappen in Berlijn. Daar was men, ook al door de competitie met het Göttingen van Hilbert, steeds open blijven staan voor Brouwers ideeën.

We gaan hier alleen in op Heytings axiomatisering van de propositiecalculus, de axioma's en afleidingsregels voor beweringen. Als toen nog volledig trouw volgeling van Brouwer - later krijgt hij meer oog voor de zelfstandigheid van taal en logica - baseert Heyting zich op Brouwers opvatting dat logica een open, maar afhankelijk systeem is. Logica heeft geen bestaansgrond onafhankelijk van de wiskunde. Er worden wiskundige argumentatiemethoden in vastgelegd die intuïtief geldig zijn. Er kunnen echter altijd weer nieuwe intuïtief geldige constructies en argumenten bedacht worden die nog niet door de logica in kaart gebracht zijn.

Heyting gaat uit van propositionele variabelen a , b , etc. en vier primitieve constanten: $\neg$, $\wedge$, $\vee$ en $\rightarrow$. De uitdrukkingen $a \rightarrow b$, $a \wedge b$, $a \vee b$ en $\neg a$ worden gelezen als 'b volgt uit a', 'a en b', 'a of b' en 'niet a'. De constanten zijn onafhankelijk van elkaar en kunnen

in tegenstelling tot de constanten van de klassieke logica niet in termen van elkaar worden gedefinieerd. Er zijn elf axioma's en drie afleidingsregels: de substitutieregels, de regel dat als a en b correcte formules zijn, $a \wedge b$ dat ook is, en modus ponens: als a en $a \rightarrow b$ correcte formules zijn, is b dat ook. Een groot aantal klassieke formules is afleidbaar in Heytings calculus, maar natuurlijk niet het principe van het uitgesloten derde, $a \vee \neg a$, en ook niet de ene helft van het principe van de dubbele ontkenning: $\neg\neg a \rightarrow a$ (weer wel de andere helft: $a \rightarrow \neg\neg a$). Heytings systeem werd door anderen vrijwel niet gebruikt. Het was niet handig en al snel werden er fouten en zwakke plekken in aangetoond. Zo liet Paul Bernays zien dat de regel 'als a en b correcte formules zijn, is $a \wedge b$ dat ook' uit de andere regels afleidbaar was. Dat deed echter geen afbreuk aan het belang van Heytings formalisering, die aantoonde dat Brouwers inzichten axiomati-



Heyting eind jaren vijftig in de duinen van Meijendel bij Den Haag

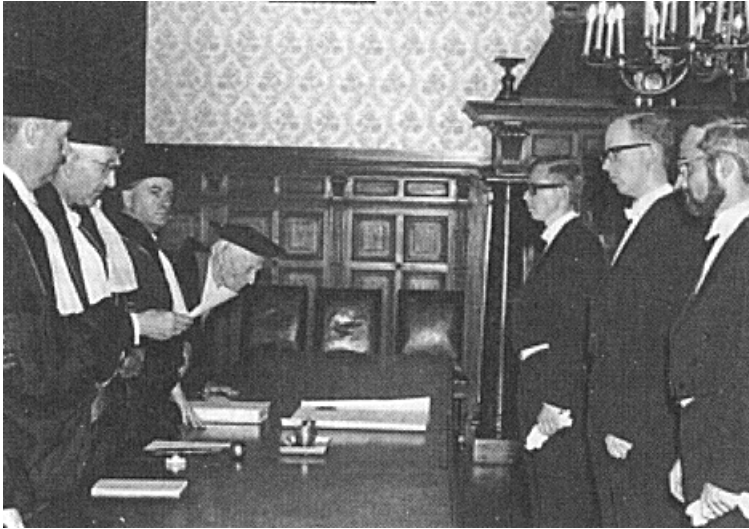
seerbaar waren ondanks diens aversie tegen de formele logica. Overigens werd op Heytings werk in niet onbelangrijke mate geanticipeerd door twee Russen, A. Kolmogorov (1925) en V.A. Glivenko (1928, 1929).

Door Heytings artikelen uit 1930 ontstond een levenslange vriendschap met Heinrich Scholz, de enige Duitse hoogleraar logica, die niet ver van Enschede in Münster werkzaam was.

In 1934 publiceerde Heyting *Mathematische Grundlagenforschung, Intuitionismus, Beweistheorie*, waarin hij een overzicht geeft van de toenmalige stand van zaken betreffende intuïtionisme en bewijstheorie (het was oorspronkelijk de bedoeling dat Kurt Gödel een deel van het boek zou schrijven, over het logicisme). In deze kleine monografie maakt Heyting Brouwers interpretatie van de logica expliciet in termen van de begrippen ‘constructie’ en ‘constructief bewijs’. Daarna zette hij de concrete reconstructie van de wiskunde volgens de lijnen van Brouwers programma voort, die hij reeds was begonnen met zijn proefschrift. In 1941 verscheen een baanbrekend artikel over intuïtionistische algebra, in 1950 onderzocht hij de intuïtionistische theorie van de Hilbert-ruimte. Intussen was hij in 1948 eindelijk hoogleraar geworden en werkten zijn leerlingen in de jaren vijftig en zestig het programma verder uit. Heyting zelf vatte zijn ideeën over het intuïtionisme in 1956 nog eens meesterlijk samen in *Intuitionism: An Introduction*. In 1968 ging de bescheiden en precieze man met emeritaat. Hij gaf samen met Freudenthal Brouwers verzamelde werk uit en kon zich nog tot 1980 wijden aan zijn vele andere interesses: muziek, letterkunde, filosofie en de natuur, waar hij op allerlei manieren van genoot.

Archiefmateriaal en literatuur

Het Heyting-archief bevindt zich in de Wiskunde & Informaticabibliotheek van de Universiteit van Amsterdam. Het beslaat ongeveer één kast en wordt beheerd door Brouwers en Heytings leerling Troelstra. Er is een inventaris: *Index of the Heyting Nachlass*, compiled by A.S. Troelstra, University of Amsterdam, 1989, 44 p.



De Amsterdamse intuïtionistische traditie in één oogopslag: Heyting als promotor van zijn leerling en opvolger Anne Troelstra in 1966. Links buigt Brouwer zich voorover. Het zou een van zijn laatste publieke optredens zijn.

Er zijn artikelen in *Dictionary of Scientific Biography* en *Biografisch woordenboek van Nederland* en er is een bundel artikelen aan Heyting gewijd ter gelegenheid van zijn zeventigste verjaardag, *Logic and Foundations of Mathematics*, Groningen: Wolters-Noordhoff, 1968, 250 p. Van de hand van zijn opvolger als hoogleraar, A.S. Troelstra, verscheen: 'Arend Heyting and his Contribution to Intuitionism', *Nieuw Archief voor Wiskunde*, 3de reeks, jrg. 29, nr. 1, 1981, p. 1-23. Ten slotte zijn de passages van belang die W.P. van Stigt in zijn *Brouwer's Intuitionism*, Amsterdam: North Holland, 1990, 530 p., aan Heyting wijdde, zie vooral p. 274-293. Een omvattende wetenschappelijke biografie van Heyting is er nog niet.

Oort (1900-1992)

Van het illustere drietal Kapteyn, De Sitter en Oort is de laatste veruit het langst actief geweest. Hij publiceerde zeventig jaar lang,

van 1922 tot vlak voor zijn dood, en het is ontroerend om een van zijn laatste artikelen te lezen, waarin hij afscheid neemt van zijn onderzoekersleven met de overtuiging dat er zich een groot zwart gat bevindt in het hart van ons melkwegstelsel.⁹

Jan Hendrik Oort was een zoon van een psychiater en werd geboren in Franeker. Na de verhuizing van het gezin ging hij naar de hbs in Leiden, maar hij keerde als student weer terug naar het Noorden om er natuurkunde te studeren. Aangetrokken door de inspirerende colleges van Kapteyn ging hij over naar de astronomie. Na zijn doctoraal in 1921 werkte hij een jaar als assistent aan het Sterrenkundig Lab in Groningen en twee jaar op de Yale-sterrenwacht in de Verenigde Staten. In 1924 reeds werd Oort conservator op de sterrenwacht in Leiden en begon een loopbaan die hem een reputatie zou bezorgen die vergelijkbaar is met die van Lorentz een halve eeuw eerder in de natuurkunde.

In 1926 promoveerde Oort bij Kapteyns opvolger Van Rhijn in Groningen. Kapteyns levenswerk was in 1920 afgerond met de publicatie van zijn heelalmodel, een model van wat al snel daarna bleek een van de vele melkwegstelsels te zijn. Ook werd duidelijk dat de zon absoluut niet dicht bij het centrum stond, maar circa 30.000 lichtjaar ervan af. Oorts proefschrift handelde over een ander aspect van ‘onze’ regio van het melkwegstelsel: sterren die verplaatsen met hoge snelheid, hoger dan zo'n 65 kilometer per seconde. Hij ontdekte dat ze zich bijna allemaal in een bepaalde richting in het melkwegvlak bewogen, maar kon daar toen geen verklaring voor geven. Al een jaar later komt hij met zijn eerste grote prestatie, de bevestiging van Lindblads hypothese dat ons melkwegstelsel roteert. Zoals de planeten er langer over doen om hun omlopen rond de zon te voltooien naarmate ze verder van de zon af staan, zo is ook bij sterren met verschillende afstanden tot het centrum van de melkweg sprake van ‘differentiële rotatie’. In de jaren dertig werd het Leidse onderzoek naar de structuur van het melkwegstelsel krachtig voortgezet en werd er meer bekend over het centrum van het stelsel en de intrigerende ‘donkere materie’, massa bestaande uit een onbekend type sterren of gas die moest bestaan, als we uitgaan van de waargenomen stersnelheden

en dichtheidsverdeling van de sterren.

In de Tweede Wereldoorlog volgde een gedwongen pauze, die Oort aangreep om een grote sprong voorwaarts te plannen: de schepping van de Nederlandse radioastronomie. Hij had direct het belang gezien van de publicatie van de radiotechnicus Reber (1942) van een kaart van de radiostraling van de melkweg. Daarop waren het melkwegvlak en een paar sterke bronnen duidelijk te zien. Een zeer gunstig aspect van de radioastronomie was dat men geen last had van de hinderlijke stofwolken die de gewone optische waarnemingen bemoeilijken. Oort beseftte ook dat het zeer belangrijk was om de radiostraling selectief te meten. Men moest proberen één spectraallijn van de interstellaire materie te vinden, waarvan de dopplerverschuiving gemeten zou kunnen worden. In 1944 vroeg hij zijn leerling Van de Hulst eens te kijken of er een spectraallijn ken zijn in het radiogebied. Daarop kwam deze met de 21 cm-emissielijn van de waterstofatomen die het voornaamste bestanddeel vormen van de materie in de ruimte.

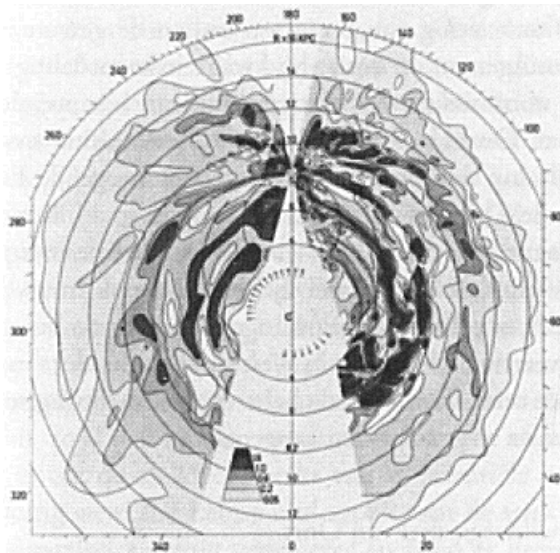
De oprichting van zwo (Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek, overheidsfinanciering van projecten buiten de gewone universitaire begrotingen en op basis van kwaliteitsbeoordeling door een landelijke commissie), de belangstelling van bètapremier Schermerhorn en Oorts inmiddels onaantastbare positie maakten de verwezenlijking van nieuwe radiotelescopen mogelijk. Eerst werd een door de Duitsers achtergelaten telescoop in Kootwijk gebruikt. Daarmee werd in 1951 - men miste net de internationale primeur - Van de Hulsts 21 cm-lijn gedetecteerd. In 1956 werd de nieuwe telescoop in Dwingeloo ingewijd, in 1970 het grote systeem van veertien telescopen in Westerbork. Met deze instrumenten kon het onderzoek naar de kern van het melkwegstelsel langs geheel nieuwe wegen worden aangepakt.

Het melkwegstelsel van Oort

Op grond van de metingen in Dwingeloo ontstond een nieuw beeld van ons melkwegstelsel. In de kern bleken zich heftige verschijnselen voor te doen, hoewel dat in andere stelsels en quasars

nog in veel sterkere mate het geval is. In 1977 concludeerde Oort dat het melkwegcentrum vermoedelijk een ultracompacte radiobron was met een straal kleiner dan tienmaal de afstand aarde-zon (de ‘astronomische eenheid’) en een massa van vijf miljoenmaal die van de zon. We zagen eerder dat hij in 1991 tot de overtuiging was gekomen dat de kern een zwart gat is.

De spiraalstructuur van het melkwegstelsel kon door de radiotelescopie aan de hand van de 21 cm-waterstoflijnmetingen veel beter in kaart worden gebracht. Oort en zijn medewerkers kwamen vanaf 1953 tot een synthese, die werd gecompleteerd door Australische waarnemingen en die door onderstaande kaart fraai wordt weergegeven. Uit de afbeelding komt de spiraalstructuur in de verdeling van de waterstof in het melkwegstelsel duidelijk naar voren.

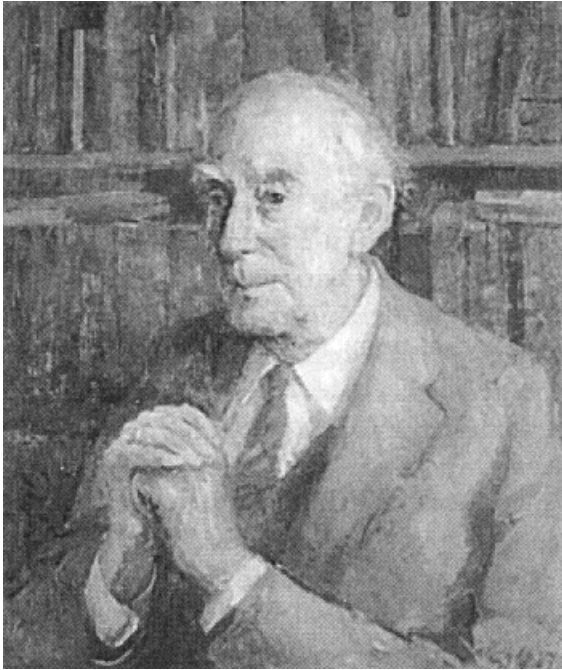


Spiraalstructuur van de melkweg, uit: J.H. Oort, F.T. Kerr, G. Westerhout, ‘The galactic system as a spiral nebula’, *Monthly Notices Royal Astronomical Society*, vol. 118, p. 379-389, fig. 4 (plate 6)

Naast het onderzoek naar de structuur van het melkwegstelsel, waren er nog andere onderwerpen die Oorts intense belangstelling hadden. In 1942 werd in samenwerking met zijn Leidse collega sinologie Duyvendak aangetoond dat de Krabnevel inderdaad het resultaat was van de door de Chinezen in 1054 waargenomen supernova. De Krabnevel bleek ook om andere redenen een heel belangrijk studieobject te zijn. In 1955 was Oort samen met Walraven betrokken bij de ontdekking dat de straling van de Krabnevel van heel bijzondere aard was, namelijk synchrotronstraling. In de decennia na deze ontdekking kreeg Oort steeds meer belangstelling voor het heelal buiten de melkweg. Zo kwam hij in 1983 tot een samenvattende visie op de groepering van sterrenstelsels tot ‘superclusters’.

In 1948 werd Oorts aandacht getrokken naar de oorsprong van de kometen, toen Van Woerkom bij hem op het onderwerp promoveerde. De enige astronoom die de komeet van Halley twee keer had kunnen zien (maar volgens deskundigen ontkende Oort dat hij Halley de eerste keer gezien had), opperde een belangrijke nieuwe hypothese: de kometen bevinden zich in ons zonnestelsel binnen een afstand tussen 10.000 tot 100.000 astronomische eenheden van de zon, in de schil van het zonnestelsel die nu bekend staat als Oort-wolk. Ze zijn daar gevoelig voor invloeden van andere sterren dan de zon, en van interstellare wolken. Soms wordt een komeet hierdoor afgebogen naar regionen dicht bij de zon. Als hij dan ook nog eens vlak bij Jupiter (of een van de andere zware planeten) komt, kan hij ingevangen worden in een nog steeds zeer excentrische maar vrij nauwe baan om de zon, waardoor hij met regelmatige tussenpozen zichtbaar zal worden.

Oort nam door zijn vele fundamentele bijdragen een bijzondere positie in binnen de astronomie en die positie bereikte hij betrekkelijk snel. Ook zijn professionele carrière verliep voorspoedig. Na zijn conservatorschap in 1924 was er in 1930 een lectoraat, in 1935 een buitengewoon en na de oorlog in 1945 een gewoon hoogleraarschap. Naast zijn plichten als hoogleraar had hij nog veel interesses die zijn aandacht stuk voor stuk tijdelijk geheel konden opsloppen: kunst, zijn familie en de natuur. Evenals De Sitter was hij een enthousiast schaatser.



Oort, geschilderd door Gerard de Wit (1987)

Tot slot verdient een ander aspect het speciaal genoemd te worden. Oort was een zeer goed organisator, die nationaal en internationaal talloze zaken tot stand bracht. We hebben de radiotelescopen genoemd. Er is veel meer, zoals de Europese Zuidelijke Sterrenwacht in Chili, en zijn secretariaat (1935-1948) en presidentschap (1958-1961) van de Internationale Astronomische Unie. Hij kreeg in 1966 als tweede Nederlander na Vening Meinesz de Vetlesenprijs, en in 1987 de eveneens zeer prestigieuze Japanse Kyotoprijs.

Archiefmateriaal en literatuur

Het archief van Oort wordt bewaard op de universiteitsbibliotheek van de universiteit van Leiden. In tegenstelling tot de andere archieven is dat van Oort goed geïnventariseerd, door dr. J.K.

Katgert-Merkelijn, zie *The Letters and Papers of Jan Hendrik Oort as Archived in the University Library, Leiden, Dordrecht etc.*: Kluwer Academic Publishers 1997, 198 p.

Er is veel biografisch materiaal over Oort. Te noemen zijn: *Oort and the Universe. A Sketch of Oort's Research and Person. Liber Amicorum Presented to Jan Hendrik Oort on the Occasion of his 80th Birthday*, Dordrecht: Reidel, 1980, 210 p.; Adriaan Blaauw, 'Jan Hendrik Oort 28 april 1900 - 5 november 1992', *Zenit*, mei 1993, p. 196-210. A. Blaauw en M. Schmidt, 'Jan Hendrik Oort (1900-1992)', *Publications Astronomical Society of the Pacific*, jrg. 105, 1993, p. 681-685; en H.C. van de Hulst, 'Jan Hendrik Oort (1900-1992)', *The Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, jrg. 35, 1994, p. 237-242.

Eindnoten:

- 1 *Statistiek van het hoger onderwijs 1930-1931*, p. 25.
- 2 Een aardig herdenkingsartikel wijdde Abraham Pais aan Uhlenbeck en de grote ontdekking: 'George Uhlenbeck and the Discovery of Electron Spin', *Physics Today*, december 1989, p. 34-40.
- 3 Toen ik kandidaat-assistent was op het Instituut voor Grondslagenonderzoek en Filosofie der Exacte Wetenschappen van de Universiteit van Amsterdam, vertelde mijn toenmalige directeur, Haskell Curry, de grondlegger van de combinatorische logica, dat hij Brouwers proefschrift coûte que coûte had willen lezen. Dat was zijn eerste kennismaking met het Nederlands. Ik weet niet of hij er in de jaren zeventig nog voordeel van gehad heeft.
- 4 Het lijkt sterk op het 'moi pur' van zijn tijdgenoot, de Franse dichter-filosoof Paul Valéry, waaraan Simon Vestdijk mooie beschouwingen heeft gewijd. Brouwers ideeën zijn weer uitvoerig besproken in het *NRC Handelsblad* door Rudy Kousbroek, zonder dat hij zich deze parallel realiseerde. Een aangekondigd boek(je) van Kousbroek over Brouwer is bij mijn weten nooit verschenen.
- 5 Het is aardig om de grote invloed van Kant te zien op Brouwers denken. Een generatie later was dat nog steeds het geval bij Evert Beth, de pionier van de logica in Nederland, getuige zijn proefschrift *Rede en aanschouwing in de wiskunde*, Universiteit van Utrecht, 1935, 120 p.
- 6 Ook in mijn tijd op het Instituut voor Grondslagenonderzoek werd de volgende anekdote verteld: Brouwer was gevraagd naar de figuren die zijn werk zouden kunnen voortzetten. Hij had sceptisch gereageerd: hoe kon daarvan iets terecht worden gebracht door Scheiting, Van Ranzig en Van Klootselaar (Heyting (zie verderop), Van Dantzig (zie hoofdstuk 6) en Van Rootselaar (onder meer zijn biograaf in de DSB))? Als zo'n verhaal wordt verteld over de verhouding tussen een leraar en zijn meest vertrouwde leerlingen...
- 7 Dirk Struik werd in hetzelfde jaar als Kramers, 1894, geboren. Ik heb hem op zijn 99ste nog een glasheldere lezing horen houden en weet niet of hij op dit moment (maart 1997) nog leeft. Als dat zo zou zijn, zou hij het record van oudste gerenommeerde wetenschapper van de Franse chemicus Chevreul (1786-1889) hebben geëvenaard of gebroken. Die schreef zijn laatste artikel op zijn 99ste.
- 8 Dresden, *Kramers*, o.c. (noot 5 bij de proloog), p. 255. Er wordt geen andere bron vermeld.
- 9 J.H. Oort, 'Middenin de melkweg', *Natuur en techniek*, jrg. 59, 1991, p. 78-89.

III Uitstraling

6 Culturele invloed

Bloei: meer dan bètabloei

Veel wetenschapshistorische publicaties, zelfs biografieën, stellen ideeën en ontdekkingen zo centraal dat het lijkt, alsof tijdgeest en omringende wereld niet hebben bestaan. Natuurlijk is het moeilijk om Brouwers grote wiskundige ontdekkingen in verband te brengen met het fin de siècle in Amsterdam en het Gooi. We zullen echter zien dat zelfs deze Einzelgänger meer voeling met zijn tijd had dan eerder werd besproken. Vele grote bèta's hadden invloed op hun tijdgenoten. Ze hadden ideeën die toepasbaar waren op andere cultuurgebieden, terwijl hun status bovendien aantrekkingskracht uitoefende op ambitieuze jongeren van diverse pluimage.

Dit hoofdstuk gaat over de directe en indirecte effecten van de bloei in de bètawetenschappen op niet-bètadenkers en -schrijvers. Er zijn dwarsverbanden en overspringende vonken geweest. Ik pretendeer niet een uitputtend overzicht te kunnen geven, maar hoop wel dat de gegeven voorbeelden laten zien dat de culturele invloed van het bètaonderzoek en de bètaonderzoekers breed was, en soms diep. Er was invloed van ideeën uit de exacte wetenschap, maar ook van de onderzoekers zelf, die hun horizon verbreedden en zich op vreemde cultuurbodem begaven.

Ambities en talenten: over familieleden van toponderzoekers

Tallose blijken van erkenning zijn onze coryfeeën ten deel gevallen: ridderordes, monumenten, stukken in kranten en tijdschriften ter gelegenheid van verjaardagen of ambtsjubilea¹ en soms zelfs een begrafenis die een vorst waardig was geweest. Professoren maakten rond 1900 diepe indruk op hun tijdgenoten. Daarvan waren ze zich bewust. In het mooie boekje *Onze hoogleeraren. Portretten en biografieën* uit 1898² kijken ze trots in en naast de lens, met gefronste wenkbrauwen en de baarden en snorren die er toen bij hoorden.

Een van de opvallendste details in het boekje is het voorkomen van naaste familieleden. Er zijn namen (Huizinga, Uhlenbeck) die ons onmiddellijk de professorale zonen uit latere decennia in herinnering roepen. Maar ook de momentopname uit 1898 laat al heel wat familie zien, aangetrouwd, maar vooral bloedverwanten: Eijkman, Van Hamel, Julius, Kapteyn, Korteweg, Treub, Valetton. Op 175 opgenomen hoogleraren aan de vier klassieke universiteiten zijn er veertien directe bloedverwanten (acht procent). Van de door mij behandelde twintig toponderzoekers hadden er zelfs vijf (25 procent) een hoogleraar-broer: Korteweg, Kapteyn, Eijkman, Brouwer en Kramers.

De eerste gedachte die bij veel lezers opkomt is: talentrijke familie! Een redelijke reactie. Een aardig voorbeeld van onbetwifelbare genetische invloed is de levensloop van de broers Van Hamel, een op 17 januari 1842 te Haarlem geboren tweeling, Anton Gerard en Gerard Anton. De eerste studeerde eerst theologie en daarna Franse letterkunde, werd ('reeds' schrijft hij erbij, hij was twee-enveertig!) in 1884 hoogleraar in Groningen en was daar rector magnificus in 1896-'97. De tweede werd jurist, werd in 1880 benoemd in Amsterdam, waar hij (daarin ook eerder dan zijn broer) in 1890-'91 rector magnificus was. De knappe besnorde gezichten kijken ijdel.

Dat deden ook de eveneens snordragende broers Eijkman. We hebben gezien dat de Nobelprijswinnaar niet erg fatsoenlijk om-

ging met zijn medeontdekkers Vorsterman en Grijns. Als we het biografietje van zijn broer lezen, begrijpen we beter dat ambitie in zijn gedrag een rol speelde. Broer Johan Frederik (uit 1851, dus zeven jaar ouder) ging er prat op dat hij ‘voornamelijk autodidact’ was. ‘Slechts in den cursus 1871-'72 was hij eenige maanden student aan de universiteit van Amsterdam. Toch was hij gedurende 1872-'76 assistent van prof. Gunning aldaar’ en deed hij in 1874 apothekersexamen. In 1876 werd hij directeur van een hygiënischchemisch laboratorium in het Japanse Nagasaki en een jaar later hetzelfde in Tokio. Hij werd daar ook hoogleraar ‘in welke betrekking nog nooit een Nederlander was opgetreden’. Hij ging in 1885 naar Nederlands-Indië en stichtte daar het laboratorium voor chemisch en farmacologisch onderzoek in Buitenzorg. In 1886 kwam hij naar Amsterdam en werkte daar onder andere in het laboratorium van Van 't Hoff en in een eigen laboratorium. ‘In Oct. 1897 werd hij benoemd tot hoogleeraar te Groningen, nadat hij in 1890 voor een benoeming te Leiden had bedankt.’ Met deze zelfverzekerde vrijbouter moest Christiaan concurreren. Hij zal zeer blij zijn geweest toen hij een jaar na zijn broer tot hoogleraar werd benoemd en zal er absoluut geen behoefte aan hebben gehad zijn definitieve erkenning in 1929 edelmoedig met anderen te delen.

Over de concurrentieverhoudingen in de familie Korteweg schreef ik al, over die tussen de broers Kapteyn ben ik niet veel te weten gekomen. De meest diepgaande analyse van de soms hoogoplopende spanningen tussen geleerde familieleden is gemaakt over de verwanten van Brouwer.³ Ook daaruit blijkt dat het ‘aangeboren-talenten’-argument moet worden aangevuld. Brouwer was een zeer competitieve figuur, nationaal en internationaal. Hij werd binnen zijn hechte familie niet zozeer beconcurrerd door zijn broer, de geoloog die hij in Amsterdam aan een hoogleraarschap hielp, als wel door zijn neven Poutsma. In 1932 lukte het Hendrik Poutsma (1856-1937), de schrijver van de grote Engelse grammatica en verbazend genoeg een autodidact, door een eredoctoraat eindelijk langszij te komen bij zijn gepromoveerde broer Albertus (1858-1941), leraar klassieke talen en rector van het Amsterdamse Barlaeus-gymnasium. Deze was er inmiddels in geslaagd

om even vervangend hoogleraar aan de universiteit te worden. In de laatste jaren van zijn leven werkte Poutsma aan een Engels woordenboek dat zich op een bepaalde manier afzette tegen neef Brouwers 'signifisch woordenboek', waarover straks meer. Talent was belangrijk, maar het door vaders, broers en moeders geschapen competitieve klimaat was dat zeker ook.

Aanleg en ambitie konden ook een andere uitweg kiezen, als de wetenschap van vader of broer om wat voor reden dan ook niet aantrekkelijk leek. Eigenlijk was er maar één alternatief om zich serieus te uiten en bewonderd te worden: kunst, of liever: Kunst. Nederlandse wetenschappelijke families - zoals Korteweg, Kapteyn en na hen bijvoorbeeld Tinbergen, Lauwerier en Lenstra - hadden hun tegenhangers in muziek, schilderkunst en letterkunde - Israëls, Maris, Mengelberg, Röntgen. Ook in de opkomst van die families heeft talent een grote rol gespeeld, zoals bij de Bachs en de Darwins uittrenturen is betoogd. En ook daar was sociale ambitie belangrijk.⁴ In gemengd wetenschappelijk-kunstzinnige families was het niet anders. Met kunstzinnige prestaties kon je bij wetenschappers zeer goed voor den dag komen. Zo kon het optreden van belangrijke geleerden gevolgen hebben op heel andere cultuurgebieden. Ik geeft zes voorbeelden uit de periode van de grote onderzoekers zelf, maar natuurlijk komen er ook heden ten dage nog talentvolle nakomelingen voor, zoals alleen al blijkt uit de zinnen waarmee dit boek afsluit.

Jacqueline E. van der Waals (1868-1922) was vaders favoriete dochter. Na de vroege dood van haar moeder verzonk de familie in somberheid en begon de moeizame verwerking van het leed. Vader wist vooral met de dochters geen raad. Jacqueline werd een naar binnen gekeerde vrouw, die gevoelens en gedachten ging uiten in gedichten. Haar kwaliteiten werden ontdekt door haar vaders vriend, de hoogleraar theologie Chantepie de la Saussaye, die ervoor zorgde dat haar eerste bundel *Verzen* werd uitgegeven. Ze ontwikkelde zich tot een belangrijk dichteres, waarvan vooral het gedicht over het doordringende besef dat ze kanker had ('Sinds ik het weet...') in de meeste letterkundebundels is opgenomen.

Minder bekend dan haar gedichten zijn de roman *Noortje Velt-*

waarin het eerste hoofdstuk de sfeer beschrijft in het ouderlijk huis na de dood van haar moeder - en de studies over onder anderen Kierkegaard. Ze beheerste haar talen, was ook een tijdje lerares, en las de filosoof in het Deens. Een aardig symbool van haar verwevenheid met de geleerdenfamilies van haar tijd is haar uitgebreide herbarium dat zich nu bevindt in het Hugo de Vries-lab.⁵

Zernike had twee zusters van cultuurhistorisch belang. Zijn oudste zus Anna was de eerste vrouwelijke dominee in Nederland. Ze was gepromoveerd, en getrouwd met de schilder Jan Mankes. Elisabeth Zernike (1891-1982) was een jongere zuster van Nobelprijswinnaar Frits. Ze schreef enkele tientallen romans en was de eerste Nederlandse vrouw waarvan een letterkundig werk bekroond werd: *Het schamele deel* (1919) kreeg de *Haagsche Post* prijs - de latere Van der Hoogtprijs - in 1921. De hoofdpersonen in haar romans zijn meestal vrouwen. Hun ontwikkelingsgang eindigt soms in evenwicht en soms met een tragisch tekort. Zelden gebeurt er iets schokkends, maar de personages zijn realistische individuen. Op latere leeftijd publiceerde Elisabeth Zernike poëzie.⁶

De architect Robert van 't Hoff (1887-1979) was een zoon van een jongere broer van de Nobelprijswinnaar. Hij reisde na zijn studie bouwkunde naar Amerika om Frank Lloyd Wright te ontmoeten. Onder diens invloed ontwierp hij voor een tante in 1915-'17 de befaamde Villa Henny in Huis ter Heide (niet te verwaaren met Berlaages even beroemde Villa Henny in Den Haag). Hij werd door Theo van Doesburg in de Stijlgroep opgenomen, maar verdween daaruit in 1919 na ruzies over de Russische Revolutie - Van 't Hoff had zich tot het communisme bekeerd. Hij overleed op hoge leeftijd in Engeland.⁷

Tot slot drie interessante schilders. Menso Kamerlingh Onnes (1860-1925) was een broer van de Nobelprijswinnaar en een zwager van Floris Verster. Menso's zoon Harm (1893-1991) was evenals zijn vader een begaafd portrettist, zoals de in dit boek opgenomen reproducties laten zien.⁸ De schilder Adriaan Korteweg (1890-1917) had een veel minder traditionele ideeënwereld. Aan het eind van de jaren zeventig van onze eeuw werden 49 schilderijen en

ruim 400 tekeningen op een Blaricumse zolder ontdekt. Ze waren afkomstig van deze jonggestorven neef van Diederik Korteweg.⁹ Adriaan had bouwkunde gestudeerd in Delft, maar was ermee gestopt om te schilderen. Hij begon bijna voorspelbaar met Van Gogh-imitaties, in de Amsterdamse Tweede Helmersstraat. Nadat hij werk van Kandinsky had gezien, vertrok hij in 1913 naar München.

‘Het enige nieuwe echt interessante en [wat] echt leeft zijn de schilderijen van een jonge Hollander die me eens bezocht en nu van tijd tot tijd komt,’ schreef Kandinsky in hetzelfde jaar aan Franz Marc. ‘Aha, U weet het al; die à la Van Gogh begon. Nu schildert hij en heeft vanaf het begin zeker al een eigen stijl.’ Net als Mondriaan werd Korteweg door de theosofie beïnvloed, maar in tegenstelling tot deze bleef hij na terugkomst in Nederland in 1914 vooral figuratief schilderen: woeste - woester dan Picasso en zeker dan Mondriaan en Kandinsky - uitbeeldingen van het Hogere. Hij wordt overladen met kritiek, houdt begin 1916 abrupt op en vertrekt naar Indië. Onderweg sterft hij in Madras, ondervoed en miskend.

Een nevenactiviteit: Brouwer, Mannoury en de significa

Ook de toponderzoekers zelf waren vaak bezig met andere dingen. In de archieven en levensbeschrijvingen zijn heel wat sinterklaas- en liefdesgedichten, tekeningen, brieven en geschriften over van alles en nog wat te vinden. Soms werden bijzaken hoofdzaken. Voor de hand ligt de wetenschapspolitiek. De ijver waarmee Van der Waals vanuit de Koninklijke Akademie de belangen van de natuurwetenschap verdedigde was voorbeeldig, al kon niemand hem navolgen. Nederlandse hoogleraren hebben rond de Eerste Wereldoorlog bijzonder hun best gedaan om internationale samenwerking te bevorderen - Korteweg, Lorentz - of een bemiddelende rol gespeeld tussen de Duitse wetenschap en de rest van de wereld: Kapteyn, Heymans. Ik wil het hier echter hebben over

nevenactiviteiten die even creatief waren als de beoefening van de exacte wetenschap zelf. Goede voorbeelden zijn het politieke oeuvre van Pannekoek en het pedagogische werk van de natuurkundige Kohnstamm. Nog omvangrijker, 'blijvende' creatieve prestaties waren het filosofische werk van Brouwer en zijn kring, en het econometrische pionierswerk van Tinbergen en Koopmans.

De nevenactiviteiten waren meer nog dan de hoofdactiviteiten afhankelijk van een sociale context. De nieuwe mogelijkheden tot sociale mobiliteit die aan hbs'ers en afgestudeerde bèta's geboden werden, hadden ook hun keerzijden. Er ontstonden grote contrasten tussen stijgers, dalers en personen die pas op de plaats maken - contrasten die vooral pijnlijk zijn voor de achterblijvers, omdat er wellicht mogelijkheden waren om beter te worden. Overal in Europa en in Noord-Amerika deden zich deze ontwikkelingen voor. In Nederland was de sociale mobiliteit eind vorige eeuw waarschijnlijk groter dan in veel andere landen. In ieder geval konden onze beste bètaonderzoekers fraai carrière maken. Van hbs'er via het hoogleraarschap tot Nobel-wereldroem was een mooie pendant van het Amerikaanse 'van krantenjongen tot miljonair'.

Hoe stonden de exacte wetenschappers zelf tegenover de sociale spanningen tussen stijgers en dalers, gevestigden en buitenstaanders? De reacties bestreken zoals men kon verwachten een breed spectrum: van de lichte desinteresse van de meesten - aan sociale misstanden is door de wetenschap niet veel te doen - via een betrokken liberalisme als dat van Korteweg - wetenschap heeft een verlichtende functie en men kan als gerespecteerd burger persoonlijk goede daden verrichten - tot het felle sociale engagement van Pannekoek was er een scala aan levenshoudingen. Er waren niet veel bètaonderzoekers die buiten hun vakgebied wilden treden en toch zoveel mogelijk wetenschappelijk blijven. Sommigen kwamen met nieuwe visies op aspecten van de sociale werkelijkheid: taal, opvoeding, economie. In deze en de volgende paragrafen behandel ik de drie interessantste.

Een aantal Nederlandse bètaonderzoekers heeft tussen ruwweg 1900 en 1960 deelgenomen aan discussies over taal en sociale wer-

kelijkheid. Daarin waren ze niet uniek. In veel landen heerste een stemming ‘die pogingen begunstigde om de verstandhouding tussen individuen, klassen of volken te bestuderen of te bevorderen, een stemming die een reactie was op de hypocriete wijze waarop de gevestigde machten de diepe kloven in verschillende sectoren van de maatschappij negeerden’.¹⁰ Het bekendste voorbeeld van een bètabeweging in de ‘taal- en betekenis’-studie is de Wiener Kreis, met haar voorloper Ludwig Wittgenstein. Niet-bèta's die zich met het brede onderwerp bezighielden, waren er ook in groten getale. We hoeven maar te verwijzen naar Fritz Mauthner in Duitsland of Lady Welby en Ogden en Richards (*The Meaning of Meaning* uit 1923) in Engeland. Over al deze personen en bewegingen is veel geschreven, zoals de klassieker van Janik en Toulmin, *Wittgenstein's Vienna* (1973) en recenter de belangrijke studies van Walter Schmitz over Lady Welby en de Nederlandse signfica.¹¹

Ik schets hier kort de rol die fysici en mathematici speelden in de signifische beweging: de grote Brouwer en naast hem zijn Amsterdamse collegae Mannoury, Clay, Van Dantzig en Beth en de Utrechtse fysicus Ornstein. Geïnspireerd door de schrijver Frederik van Eeden, die zelf weer terugging op Multatuli en Victoria Lady Welby, werd Brouwer rond 1915 de belangrijkste figuur van de Nederlandse signfica. ‘Significa’ is een term die teruggaat op Welby (1837-1912) en door haar werd omschreven als ‘the philosophy of significance’. In Nederland was Van Eeden de eerste die, in de jaren negentig, in contact met haar kwam en zelf een zeer interessant signifisch essay schreef, *Redekunstige grondslag van verstandhouding* (1893-1897). Daarin werd op een wijze die aan Wittgensteins latere *Tractatus Logico-Philosophicus* verwant is, wetenschappelijke taal van poëtische taal onderscheiden.

Bij Van Eeden verschoof de aandacht geleidelijk van taal als expressiemiddel voor het individu naar taal als communicatiemiddel tussen individuen. Hier komt ook Brouwer in beeld, die in dezelfde periode van zijn bijna-solipsistische (‘alleen het bestaan van het eigen “ik” staat vast’) *Leven, kunst en mystiek* uit 1905 onder allerlei invloeden ‘socialer’ was geworden. De erkenning van zijn wis-

kundige en grondslagenwerk uit 1907-1913 en zijn hoogleraarschap hadden hem wat hoopvoller gestemd over zijn medemensen en de mogelijkheid contact met hen te leggen. Bovendien was er nu een drang tot leiderschap in hem ontwaakt. Brouwer zocht een beweging waarvoor hij zich kon inzetten. Zijn filosofische inslag bracht hem nu eerst bij de signfica, die zijn toegenomen optimisme deelde over de bruikbaarheid van de taal na een grondige reconstructie. Met Van Eeden, Jacob Israël de Haan - die door Van Eeden bij de signfica betrokken was en reeds significhe publicaties op zijn naam had -, de criticus en sinoloog Henri Borel en later Brouwers collega-wiskundige Gerrit Mannoury vormde hij een discussiegroep met grootse plannen. Net als bij Van Eeden, De Haan en Mannoury was Brouwers interesse voor taal en communicatie vooral ethisch geïnspireerd. Hij was ontdaan door de politieke en oorlogspropaganda en alle andere middelen waarmee moderne staten het individu konden onderdrukken of uitbuiten. Brouwers invalshoek bij de studie van taalgebruik was ook een sociale. Hij legde als eerste van de Nederlandse signfici een sterke nadruk op het belang van onderzoek naar de functies van taal voor de verstandhouding tussen mensen. Bij Brouwer vinden we de kiem van wat later bij Mannoury het verschil tussen 'spreekbetekenis' en 'hoorbetekenis' heet, de soms verschillende betekenissen die sprekers en hoorders aan woorden kunnen toekennen en waarvan de bestudering de gewone semantiek overstijgt. Zo kwam hij tot taalfilosofie die in zekere zin een complement was van zijn op grond van het 'ik' opgebouwde wiskundig intuïtionisme dat we eerder bespraken. Brouwers wiskundig-analytisch vermogen bracht hem in een dominante positie. Er werd vooral door van Eeden en Borel met ontzag naar hem geluisterd.

Hij speelde ook een hoofdrol bij de totstandkoming van de Internationale School voor Wijsbegeerte te Amersfoort. Zijn poging om een echte academie te stichten waarvan de leden zich aan studie konden wijden, leed schipbreuk, niet in de laatste plaats doordat Brouwer geen groot organisator en vergaderaar was. Vooral door toedoen van de heerszuchtige theehandelaar-theosoof Reiman kwam een eenvoudiger versie van de school tot stand, die nog steeds bestaat.

Brouwers inhoudelijke rol in de significante naam na de Eerste Wereldoorlog snel in belang af. Hij had intussen behalve de vooraanstaande Utrechtse fysicus Ornstein ook zijn collega-hoogleraar wiskunde Mannoury bij de beweging betrokken. De laatste, ook een leerling van Korteweg, nam Brouwers leidersrol over en wist de significante tientallen jaren levend te houden met talloze publicaties en organisatorische activiteiten. De resultaten van het significante onderzoek werden door hem samengevat in een handboek.¹² Ook ontstonden er meer internationale contacten, zoals met de Wiener Kreis, waarvan het lid Otto Neurath in de jaren dertig ook deelnam aan significante bijeenkomsten. Ook de oprichting van het tijdschrift *Synthese* was van belang. Vooral na de betrekkelijk vroege dood van Mannoury's leerling en vooraanstaand wiskundige David van Dantzig in 1959 was het vrijwel gedaan met de significante activiteiten.

Zoals ik eerder en elders heb betoogd lijkt vooral het, in Mannoury's handboek prominente, weinig exacte introspectief-psychologische methodologisch kader van de significante debet aan de



Cortège van Amsterdamse hoogleraren bij het derde eeuwfeest van de universiteit in 1932. Rechts naast Kleiweg de Zwaan, die minzaam zijn ridderordes toont: Mannoury

geringe invloed die het nagelaten werk ook heden ten dage uitoefent, zulks in tegenstelling tot de ‘harde’ filosofisch-logische resultaten van de Wiener Kreis (Carnap, Gödel). Misschien speelt er meer, zoals wordt betoogd door Walter Schmitz in zijn omvangrijke poging tot rehabilitatie.¹³ In ieder geval zouden hedendaagse logici of argumentatietheoretici weer eens een blik moeten werpen in het tweede deel van Mannoury's handboek. Als het al geen Fundgrube is, dan is het wellicht een inspiratiebron.

Kohnstamm (1875-1951): van fysicus tot filosoof en pedagoog

Van der Waals' grote tweedelige *Lehrbuch der Thermodynamik* (1908-1912) was er nooit gekomen zonder Philip Kohnstamm.¹⁴ Deze werd in Bonn geboren en als kind onder de hoede gesteld van zijn oom Stokvis, een hoogleraar in Wageningen. Daarna kwam hij op een Duits schooltje in Amsterdam, waar hij veel vrijheid had om zichzelf te ontwikkelen. Na de hbs en het staatsexamen ging hij in 1893 studeren aan de wis- en natuurkundefaculteit van de universiteit van Amsterdam.

Algauw werd hij ontdekt door Van der Waals, die een vaderzoonrelatie met hem opbouwde en wiens assistent hij in 1900 werd. Kohnstamm promoveerde niet alleen bij Van der Waals in 1901 op *Experimenteele onderzoekingen naar aanleiding van de theorie van Van der Waals. Het P.T.X.-vlak. Voorstudies en methoden*, maar had van alle leerlingen de meest vriendschappelijke verhouding tot de wat steile grote man. Van der Waals' voorbeeld van christelijke deugdzaamheid leidde er mede toe dat Kohnstamm in 1917 toetrad tot de Hervormde Kerk.

Jarenlang waren aantekeningen die studenten hadden gemaakt van de colleges van Van der Waals over thermodynamica van hand tot hand gegaan, bij ontstentenis van een acceptabel leerboek. Bakhuis Roozeboom gebruikte bijvoorbeeld de aantekeningen van G.P. Weisman in de jaren tachtig. Van der Waals publiceerde wel veel van zijn ideeën in artikelen en zelfs boeken, maar vond het

steeds prematuur om een echt overzichtswerk te schrijven. Toen kwam Kohnstamm. Een op het eerste gezicht eenvoudige klus, het ordenen van de door J.J. Hallo stenografisch vastgelegde colleges, bleek titanenarbeid te vergen. Van der Waals' relaas van de grillige wegen naar ontdekkingen en zijn zelden uitvoerige afleidingen van formules maakten het noodzakelijk om veel uit te zoeken en anders te formuleren. Maar in 1908 en 1912 verschenen dan ook kloeke pillen. Alle recensenten waren het erover eens dat het thermodynamisch leerboek origineel was en een goed overzicht van het werk van de Nederlandse school. Het gaf heldere analyses van de beide hoofdwetten en besteedde veel aandacht aan de analytische methode en de faseregulering (betreffende evenwichten in heterogene systemen) van de door Van der Waals en Bakhuis Roozeboom hooggeachte Josiah Willard Gibbs. Ook Van der Waals eigen werk, zoals over de capillariteit, kwam uiteraard uitvoerig ter sprake. Na de dood van zijn leermeester publiceerde Kohnstamm in 1927 een herziene editie, waarin de nadruk viel op de axiomatische opbouw van de thermodynamica en waarin een nieuw hoofdstuk was opgenomen over het theorema van Nernst.

In 1908 werd Kohnstamm als een van de opvolgers van Van der Waals buitengewoon hoogleraar in de thermodynamica. Een jaar eerder was hij echter al toegelaten als privaatdocent in de logica. Dat betekende een eerste erkenning op een tweede vakgebied. Kohnstamm excelleerde ook in de filosofie. Hij was niet alleen een leerling van Van der Waals, maar kwam ook onder de invloed van een andere natuurkundige, Cornelis Bellaar Spruyt (1842-1901). Deze was in 1867 in Utrecht gepromoveerd op *De electromotorische kracht van het element van Daniell bij verschillende temperaturen*, maar veranderde al gauw van discipline. Vanaf 1871 bestreed Spruyt het toonaangevende empirisme van de Utrechtse filosoof Opzoomer en werd hij de belangrijkste neo-Kantiaan van ons land. Na veertien jaar hbs-leraar geweest te zijn, aanvaardde hij in 1877 het hoogleraarschap in de wijsbegeerte aan de universiteit van Amsterdam. Spruyt had een polemische natuur en bemoeide zich ook met de politiek. Hij wijdde pamfletten aan de militaire dienstplicht, aan de invloed van het katholicisme en aan de oorlog

in Zuid-Afrika. Na zijn dood gaven Kohnstamm en de jonge Van der Waals zijn collegedictaten over de geschiedenis van de filosofie uit.

In dezelfde tijd dat Kohnstamm aan de magna opera van zijn geestelijke vaders werkte, ging hij ook in de politiek. In 1905 werd hij lid van de Vrijzinnig Democratische Bond en in 1911 was hij zonder succes kandidaat bij de verkiezingen voor de Tweede Kamer. Langduriger was zijn invloed op de ontwikkeling van de pedagogie. Zijn ruime ervaring in het onderwijs, van zijn vrije lagere school tot zijn hoogleraarschappen, werd tot een synthese gebracht met zijn filosofische inzichten over het belang van ontwikkeling van geweten en persoonlijkheid. In 1918 nam hij het initia-



Philip Kohnstamm in de jaren dertig

tief tot de oprichting van het Nutsseminarie voor pedagogiek. In 1919 werd hij door deze instelling, die een groot aantal rapporten uitbracht, vaak met Kohnstamm als (mede)auteur, benoemd tot bijzonder hoogleraar in de pedagogiek in Amsterdam. In dat jaar vond ook zijn benoeming plaats tot lid van de Onderwijsraad en zorgde hij voor een betere vormgeving van de universitaire studie in de pedagogiek. In 1928 legde hij zijn natuurkundeprofessoraat neer en vier jaar later volgde hij die andere pionier, Gunning, op als buitengewoon hoogleraar pedagogie. In dezelfde tijd verscheen zijn hoofdwerk, *Schepper en schepping*, in drie delen: *Het waarheidsprobleem*, *Persoonlijkheid in wording*, het voor de pedagogie belangrijkste boek, en *De heilige*.

Uit de laatste titel en uit die van het gehele werk komt Kohnstamms soms wel erg christelijke visie duidelijk naar voren. Toch zijn veel van zijn ideeën nog steeds van belang in een tijd dat gewetenloosheid en gemakkelijke verketteringen van ‘andere’ sociale groepen reële problemen zijn.

Een nieuwe discipline uit de bètahoek: Tinbergen, Koopmans en de econometrie

In de negentiende eeuw had de economische wetenschap in Nederland weinig figuren van belang voortgebracht, uitgezonderd wellicht N.G. Pierson (1839-1909). Eruditie en internationale literatuurkennis waren er zeker, maar er was gebrek aan eigen ideeën. In onze eeuw is de situatie in bepaalde opzichten weinig veranderd. Zo zijn veel bekende Nederlandse economen leerlingen van P. Hennipman (1911-1994), een exemplarisch belezen man, maar niet internationaal bekend om nieuwe inzichten.¹⁵

Fris bloed kwam er met de formidabele figuur van Jan Tinbergen (1903-1994). Deze was niet afgestudeerd als econoom, maar had evenals bijvoorbeeld Kramers natuurkunde gestudeerd bij Lorentz' opvolger, de briljante docent Ehrenfest, die zelf had gegrasduind in de economie en parallellen had getrokken met de ther-

modynamica. Toen hij merkte dat Tinbergen niet veel zag in een carrière in de natuurkunde en zijn socialistische idealen in praktijk wilde brengen via economisch wetenschappelijk onderzoek, kwam hij met suggesties voor een proefschrift dat natuurkundige en economische theorieën zou vergelijken.¹⁶

Paul Ehrenfest (1880-1933) was een leerling van de grote Weense fysicus Ludwig Boltzmann (1844-1906). Evenals zijn tijdgenoten Maxwell en Heinrich Hertz gebruikte deze graag modellen en analogieën. Voor Boltzmann en Ehrenfest werden bepaalde modellen bijna heilig. We zagen al dat de felle aanvallen op Boltzmanns atomisme door Ostwald en Mach mede debet kunnen zijn geweest aan Boltzmanns zelfmoord. Ook zijn leerling sloeg in 1933 de hand aan zichzelf. De verdringing van zijn geliefde negentiende-eeuwse mechanica door de kwantummechanica kan van invloed zijn geweest op zijn sombere laatste jaren.



Tinbergen tussen de fysici. Van links naar rechts: Gerard Dieke, Sem Goudsmit, Jan Tinbergen, Paul Ehrenfest, Ralph de Laer Kronig, Enrico Fermi (Leiden 1924); de foto kan genomen zijn in de tuin van Ehrenfests huis in de Witte Rozenstraat

Ehrenfest's analogiedenken vond bij de jonge Tinbergen een vruchtbare bodem. Gestimuleerd door Ehrenfest om contemporaine wiskundige economen te lezen, had hij al kritische ideeën ontwikkeld met betrekking tot het gangbare paradigma over nationale economieën van Walras-Pareto. Belangrijke ontwikkelingen als winstmaximalisatie bij bedrijven, trust- en kartelvorming waren daar niet in verdisconteerd en het model was ook statisch, terwijl een moderne economie snel verandert. In zijn proefschrift uit 1929, *Minimumproblemen in de natuurkunde en de economie*, probeerde Tinbergen steeds zo eenvoudig mogelijke wiskundige schema's te gebruiken. Hij was op zoek naar echt economische 'mechanismen' die cyclische veranderingen konden verklaren, maar kwam in zijn proefschrift niet tot echt economische theorievorming. Hij beperkte zich tot zuiver formele parallellen en paste geen inhoudelijk-fysische modellen toe op de economie. Klassieke vergelijkingen die door Lagrange en Hamilton gevonden waren, werden gebruikt om voor natuurkundige en economische systemen te bepalen wanneer ze stationair bleven of een minimumtoestand bereikten.

In de jaren dertig ontwikkelt Tinbergen dynamische economische theorieën, waarin tijd en verandering de plaats krijgen die hun in de economie toekomen. Hij past ze op allerlei problemen toe. Zijn analyse van de varkenscyclus is zeer bekend geworden. In 1936 lukt het hem om voor het eerst een 'historisch' model van de Nederlandse economie op te stellen, in 24 vergelijkingen. Daarna wordt zijn actieradius nog groter en krijgt hij van de Volkenbond een opdracht om een model van de Amerikaanse economie voor de periode 1912-1931 te ontwikkelen. Dit mond in 1939 uit in de twee delen van het invloedrijke *Statistical Testing of the Business Cycle Theories*.

Na de Tweede Wereldoorlog groeide Tinbergen uit tot een figuur van wereldformaat, maar er zijn nog andere Nederlandse economen die groot internationaal aanzien verwierven, zoals Koopmans, Theil en Houthakker, die alle drie emigreerden naar Amerika. De twee laatstgenoemden werden beiden geboren in 1924 en waren ook beiden opgeleid als econoom, maar de in 1966

geëmigreerde Theil is de originator van de econometrieopleidingen die het Nederlandse academische landschap een speciaal accent hebben verleend. De start in 1957 van de econometrieopleiding aan de Economische Hogeschool in Rotterdam maakte Theil samen met Tinbergen tot de vader van de bloeiende exact-economische traditie in ons land.

Aparte aandacht verdient Tjalling Koopmans (1900-1985), die evenals Tinbergen was gepromoveerd bij een internationale natuurkundige coryfee.¹⁷ Hij was iets jonger dan Tinbergen en ging na het gymnasium in 1927 natuurkunde studeren bij Kramers (toen hoogleraar in Utrecht), die hij later ‘a humane and inspiring person with a gentle wit’ noemde. In 1934 publiceerde Koopmans



De ene toekomstige Nobelprijswinnaar economie eert de andere. Op 8 november 1963 verleent Jan Tinbergen als hoogleraar aan de Nederlandse Economische Hogeschool een eredoctoraat aan Tjalling Koopmans

een tweetal artikelen over kwantummechanica, waarvan er één nog steeds wordt geciteerd. Diep onder de indruk van de economische depressie ging hij het werk van Marx lezen en besloot hij evenals Tinbergen naar de economie over te stappen. Na in 1935 een paar maanden te hebben gewerkt bij Ragnar Frisch in Oslo (die in 1969 samen met Tinbergen de eerste Nobelprijs economie zou ontvangen), promoveerde Koopmans in 1936 bij Kramers in Leiden op *Linear Regression Analysis of Economic Time Series*. Ook dit proefschrift was gebaseerd op de overtuiging dat toepassing van bètawetenschappelijke methoden in de economie allerlei problemen zou kunnen oplossen.

Koopmans was met Tinbergen sinds 1934 door een hechte vriendschap verbonden. Hij verving deze in 1938 en 1939 als docent aan de Nederlandsche Handels Hogeschool in Rotterdam. Bij het uitbreken van de Tweede Wereldoorlog emigreerde hij naar de Verenigde Staten, waar hij zijn grote wiskundige talenten verder ontplooipte. In 1975 kreeg ook hij de Nobelprijs voor economie.

Eindnoten:

- 1 Vooral in het *Algemeen Handelsblad* en de *Nieuwe Rotterdamsche Courant* stonden veel, en soms omvangrijke, stukken. Vaak waren ze van de hand van gerenommeerde collega's.
- 2 Rotterdam: Nijgh & Van Ditmar, 363 p. Ik bezit het exemplaar van Eugène Dubois, die net te laat benoemd was om te kunnen worden opgenomen.
- 3 Frits Stuurman (met Hansa Krijgsman), *Family Business. On Dictionary Projects of H. Poutsma (1856-1937) and L.E.J. Brouwer (1881-1966)*, Amsterdam: Stichting voor Neerlandistiek/Münster: Nodus Publikationen, 1994, 46 p.
- 4 Een mogelijk geval van sociale ambitie in de kunst: Matthijs Vermeulen was onze belangrijkste componist van symfonieën. Zijn tweede vrouw was een dochter van Diepenbrock. Hij was dus geen broer, zoon of neef. Hier spelden wederzijdse ambities en het (oog voor muzikaal) talent van mevrouw Vermeulen-Diepenbrock een rol.
- 5 Er is een biografie, H. van der Ent en J. Kramer-Vreugdenhil, *Jacqueline E. van der Waals, haar leven en haar werk*, Nijkerk: Callenbach, 1982, 189 p.
- 6 Er is niet veel gepubliceerd over Elisabeth Zernike. Behalve in naslagwerken is er aandacht aan haar besteed door Annie Romein-Verschoor in *Vrouwenpiegel* (1936, en latere drukken).
- 7 Er is vrij veel literatuur over Robert van 't Hoff. De tentoonstellingscatalogus *De Stijl* van het Kröller-Müllermuseum (1982, 254 p.) besteedt ruime aandacht aan zijn werk. In 1983 werd een bouwplaat gemaakt van de Villa Henny door Piet Volgaard en Paul Groenendijk, Rotterdam: Uitgeverij 010. Recent publiceerde Dolf Broekhuizen een revolutionair manifest uit 1926, 'Abolition', in: *Jong Holland*, jrg. 12, nr. 3, 1996, p. 38-46.
- 8 Zie onder meer: Christiaan Vogelaar, 'Vrienden in de kunst - Menso Kamerlingh Onnes en Floris Verster', *Kunstschrift*, jrg. 39, nr. 1, p. 12-14 en *H.H. Kamerlingh Onnes, schilder en keramist*, tentoonstellingscatalogus Princessehof Leeuwarden/Arnhem Gemeentemuseum, 1981-'82. Er zijn van beide schilders nog meer tentoonstellingscatalogi gepubliceerd.
- 9 Adriaan was een zoon van Piet Korteweg, de malariaonderzoeker, en een broer van Remmert, pionier van het Nederlandse kankeronderzoek. Over de schilder: Henri de By en Els Timmerman, 'Adriaan Korteweg', in: *HP/De Tijd*, 18 februari 1994, p. 82-86. Hieruit heb ik Kandinsky geciteerd.
In de Korteweg-familie had het geval een ander drama tot gevolg. Zijn neef Johan (een broer van mijn grootmoeder) wilde ook schilder worden. Dat werd hem door mijn overgrootvader,

- hoogleraar heelkunde in Groningen, Amsterdam en Leiden, verboden. Vrij snel daarna is hij opgenomen in een inrichting, waar hij op hoge leeftijd is overleden.
- 10 Dit citaat vond ik in het later te bespreken werk van Walter Schmitz, maar is van mezelf (uit de inleiding tot de heruitgave van Van Edens *Redekunstige grondslag*, Utrecht: Het Spectrum: Aulapocket 545, 1975) en nog steeds toepasselijk.
 - 11 H. Walter Schmitz, 'Victoria Lady Welby's Significs: The Origin of the Signific Movement', in: Welby, Victoria Lady, *Significs and Language. The Articulate Form of our Expressive and Interpretative Resources*, Reprint of the Edition of London 1911, edited and introduced by H. Walter Schmitz, Amsterdam/Philadelphia: John Benjamin, 1985, IX-CCXXXV; H. Walter Schmitz, *De Hollandse Significa. Een reconstructie van de geschiedenis van 1892 tot 1926*, Assen/Maastricht: Van Gorcum, 1990, 485 p.
 - 12 G. Mannoury, *Handboek der analytische significa*, Bussum: Kroonder, 1948, deel 1, 178 p., deel 2, 182 p. (dit bevat de geboekte resultaten); deel 3, *Polairpsychologische begripssynthese*, Bussum: Kroonder, 1953, 194 p. Zie hierover, omdat Schmitz bij 1926 eindigt: Bastiaan Willink, 'De taalfilosofie van Mannoury's hoofdwerk', *Wijzgerig perspectief* (themanummer over significa onder redactie van G. Nuchelmans), jrg. 20, nr. 2, 1979, p. 39-47.
 - 13 Zie noot 10 bij dit hoofdstuk.
 - 14 Recente korte biografieën: in het *Biografisch woordenboek van Nederland* (deel 1, 1979) en *Philip A. Kohnstamm* in de *ao*-reeks uit 1989 van de hand van A.L.R. Vermeer. In de nieuwe biografie van Van der Waals is een en ander te vinden over Kohnstamms (en Bellaar Spruyts) natuurkundige werk.
 - 15 Zie voor een recente waardering van de Nederlandse traditie: Harry van Dalen en Arjo Klamer, *Telgen van Tinbergen. Het verhaal van de Nederlandse economen*, Amsterdam: Balans, 1966, 284 p.
 - 16 Marcel Boumans schreef een proefschrift over het ontstaan van Tinbergens economische theorieën: *A Case of Limited Physics Transfer. Jan Tinbergen's Resources for Re-shaping Economics*, Universiteit van Amsterdam, 1992, 165 p. De aanloop tot Tinbergens proefschrift en Ehrenfests invloed komt wat verwarrend op verschillende plaatsen aan de orde, zoals op p. 26/27 en 117. Albert Jolink van de Erasmus Universiteit schrijft een grote Tinbergen biografie.
 - 17 Ik dank Albert Jolink voor een conceptartikel van Herbert Scarf, 'Tjalling Charles Koopmans. A biographical Memoir for the National Academy of Sciences', 1985, 23 p.

7 Industriële vernieuwing

De late start van de Nederlandse *science-based* industrie

Nederland was tot ver in de negentiende eeuw een landbouw- en handelsnatie. Goede grond, een vochtig klimaat en een gunstige internationale ligging hadden het al in de Middeleeuwen mogelijk gemaakt ondanks een grote bevolkingsdichtheid een hoog welvaartspeil te bereiken met een niet al te kennisintensieve economie. In onze tijd proberen regeringen het aandeel van de nietindustriële producten in ons exportpakket te verlagen. We zijn weliswaar goed in land- en tuinbouw en verdienen veel met de uitvoer van de producten ervan, maar er dreigt gevaar. Op den duur zouden we onze economische concurrentiepositie kunnen verliezen door het toenemende belang van kennisintensieve techniek en de informatie-industrie.

Honderd jaar geleden was Nederland veel meer autarkisch. Het kon zichzelf bijna bedruipen zonder import en export. Er was rond 1870 zeer weinig oog voor het ontbreken van hoogwaardige industrie. Wat er aan nijverheid was, beperkte zich tot productie van simpele consumptiegoederen: voeding, brandstof, textiel. Machines om die producten te vervaardigen werden grotendeels in het buitenland gekocht. Dit had ook zijn weerslag op het technisch onderwijs.¹ Het bedrijfsleven had wel vraag naar ambachtslieden, maar de hoger geschoolden kwamen bijna uitsluitend terecht bij de overheid. Infrastructuur aanleggen en onderhouden konden we toen al goed. Bouwen en repareren van bruggen, rails en kanalen vereiste wel wetenschappelijke kennis, maar die was

nauwelijks het resultaat van eigen onderzoek en meestal al wijdverbreid in Europa aan het begin van de negentiende eeuw.

Het verbaast daarom niet dat het superbe Nederlandse exact wetenschappelijke onderzoek decennialang zeer weinig effect heeft gehad op de economie. Goed onderwijs en internationale faam waren een feit, lang voordat Philips, Shell en Unilever de wereld veroverden met hoogwaardige producten. Het is zelfs een wonder dat er ooit een brug kon worden geslagen tussen uitstekend onderwijs en onderzoek aan de ene, en ondernemers die risico wilden nemen aan de andere kant. Waarom gebeurde het? Wie waren de pioniers? Hoe kon de kloof tussen wetenschap en industrie gedicht worden?

Beoogde effecten van de wet van 1863: de polytechnische school en de industriële pioniers van gist- en spiritusfabriek en heemaf

De Wet op het Middelbaar Onderwijs van 1863 had ook de stichting van de Polytechnische School in Delft tot gevolg. Groei en bloei van deze instelling hingen nauw samen met de opkomst van de vijfjarige hbs. Men kon pas in Delft gaan studeren na het behalen van het hbs-diploma. Andersom gingen veel hbs'ers in Delft studeren. De driejarige studie voor technoloog of de vierjarige voor ingenieur was dan ook, veel meer dan een universitaire studie, geschoeid op een met de hbs vergelijkbare leest. De fundamentele wetenschappen wis-, natuur- en scheikunde stonden even centraal in de curricula. De Polytechnische School leek in dat opzicht sterk op haar illustere voorloper, de Parijse Ecole Polytechnique.

Thorbecke en andere politici leefden in de irreële veronderstelling dat het hoger technisch onderwijs de studenten kon leren om wetenschap zo toe te passen dat er nieuwe producten werden ontwikkeld, wat zou resulteren in economische bloei en een tevreden bevolking. Ook in dit opzicht heeft de wet van 1863 nauwelijks

aan haar doel beantwoord. Delft leverde vooral civiel-ingenieurs af aan waterstaat en spoorwegen. In 1879 werkte daar ongeveer zeventig procent van alle werkzame ingenieurs. Een vernieuwend bedrijfsleven had gebruik kunnen maken van werktuigbouwkundig ingenieurs. Dat gebeurde maar mondjesmaat. In 1880 waren er 174 studenten civiele techniek en 45 voor werktuig- en scheepsbouwkunde. De studenten bouwkunde waren meestal ook ingeschreven voor civiele techniek. De voltooiing van het spoorwegnet in de jaren tachtig verschoof de balans, maar de Polytechnische School werd vooral als geheel getroffen. In 1889 waren er nog maar 70 studenten civiele techniek en 67 studenten werktuigbouw. Deze laatste groep werd echter grotendeels ingezet bij het onderhoud van spoorwagematerieel en stoommachines.

Ook de korter opgeleide ‘technologen’ bleken niet erg bruikbaar voor de industriële ontwikkeling, ondanks de intensieve bemoeienis van de Delftse docenten. Zoals we in hoofdstuk 1 zagen, was een aantal van de toponderzoekers uit tabel 3 docent aan de Polytechnische School. Een van hen was A.C. Oudemans jr., een scheikundige die krachtig zijn stempel heeft gedrukt op de driejarige opleiding tot technoloog. Hij wist het betrekkelijk ongestructureerde leerplan, dat was begonnen als een algemene opleiding in veel soorten techniek, om te buigen in de richting van de chemische technologie. Echt academisch niveau zou dit vak pas in de twintigste eeuw bereiken. In de negentiende eeuw moesten de technologen het vaak afleggen tegen de universitaire chemici.

Er zijn belangrijke onderzoekers geweest die na de hbs in Delft de volgende stap zetten naar nieuwe inzichten en onderzoeksmethoden. Eerder zagen we dat Korteweg en Kamerlingh Onnes in Delft studeerden. Laatstgenoemde werkte er ook een aantal jaren. Van 't Hoff en Beijerinck begonnen hun studie als technoloog om daarna verder te studeren aan universiteiten. Beijerinck bleef echter in het magnetisch veld van Delft. Na een tijdje in Leiden gestudeerd en in Wageningen gewerkt te hebben, kwam hij terug naar zijn oude studiestad om, alvorens een van de belangrijkste onderzoekers van zijn alma mater te worden, te gaan werken voor J.C. van Marken.² Dit was de eerste in Delft afgestudeerde tech-

noloog, die ook geschiedenis maakte met de stichting in 1869 van de Nederlandsche Gist- en Spiritusfabriek. Hij ging gist produceren op basis van een recent in Oostenrijk gevonden nieuw procédé, nam andere technologen in dienst en initieerde behalve sociaal beleid ook een industriële onderzoekstraditie die tot in onze tijd voortduurt (Gist Brocades).

De meeste voorbeelden van geslaagde inschakeling van Delftenaren bij industriële vernieuwing zijn pas van na 1900. Vooral de meest geavanceerde industrie, de elektrotechnische, had het moeilijk. Terwijl deze tak van nijverheid zich in Duitsland (Siemens) en andere landen snel ontwikkelde en de eraan gekoppelde opleidingsmogelijkheden daarmee gelijke tred hielden, bleef elektrotechniek in Delft een onderdeel van de colleges toegepaste natuurkunde. Toen de meest betrokken hoogleraar, Snijders, na een reis door Europa in 1889 tot de overtuiging was gekomen dat het vak een eigen opleiding moest worden, duurde het nog tot de stichting van de Technische Hogeschool in 1905 voor het zover was.³

Er was dan ook tot in de jaren negentig maar één bedrijf dat elektrische apparaten fabriceerde, het in 1882 gestichte bedrijf van Willem Smit & Co in Slikkerveer bij Ridderkerk.⁴ Jonge wetenschappers die enthousiast geworden waren voor elektrotechniek gingen naar Luik, Zürich of Duitsland om daar in het vak af te studeren. Illustratief is het geval van de pionier ir. R.W.H. Hofstede Crull (1863-1938).⁵ Deze was in Meppel geboren en werkte na zijn hbs-tijd een tijdje bij Ledeboer in Borne. In 1886 ging hij elektrotechniek studeren in Hannover. Met de ingenieurstitel op zak vertrok Hofstede Crull in 1891 naar Amerika, waar hij onder andere bij General Electric werkte. In 1894 begon hij een elektrotechnisch bureau in Borne, waar hij een kleine elektriciteitscentrale bouwde. Hofstede Crull was een zeer inventieve technicus, die echter zijn leven lang achtervolgd werd door rampen en ruzies. Hij had het geluk in 1897 een compagnonschap te kunnen sluiten met een rustige Delftse werktuigbouwkundig ingenieur, Willem Willink, die afkomstig was uit een Winterswijkse textielbaronnen-familie.⁶ Zijn vader was ‘Spoor-Jan’, aanlegger van een aantal spoorwegen in Oost-Nederland.

In 1900 verhuizen Hofstede Crull en Willink naar Hengelo, waar ze in 1904 het Twentsch Centraal Station stichten, de eerste grote elektriciteitscentrale in deze belangrijke industriële regio. In 1907 vindt de oprichting plaats van de Heemaf, de Hengelosche Electriscche En Mechanische Apparaten Fabriek.⁷ In de beginjaren van de Eerste Wereldoorlog gaat men met succes elektromotoren produceren. In 1919 zijn er al 1540 werknemers. In dat jaar wordt Hofstede Crull gedwongen het bedrijf te verlaten. Directeur wordt ir. Keus, een vroegere assistent van de Delftse hoogleraar Van Swaaij. Willem Willink wordt opgevolgd door zijn neef ir. Frits Willink. Er wordt veel ontwikkelingsresearch gedaan. In 1919 komt een andere Delftse ingenieur, die eerder in het buitenland en bij Smit-Slikkerveer had gewerkt, in het laboratorium werken: ir. H.A.W. Klinkhamer, zoon van een professor bouwkunde in Delft en ook familie van de directeur van de Polytechnische School, Bosscha. Klinkhamer vindt in 1921 de SKA-(Speciaal Kortsluit Anker)motor uit, de eerste universeel toepasbare eenvoudige draaistroommotor.⁸ Karakteristiek voor het inmiddels in Nederland gegroeide elektrotechnische complex van wetenschap en industrie is het feit, dat de motor in Delft wordt getest door Klinkhamers vroegere docent, de hoogleraar Clarence P. Feldmann. Deze had in Duitsland geleerd dat de verbinding van theorie en praktijk essentieel is. In 1924 worden door de fabriek de eerste tractiemotoren gebouwd voor de Nederlandse Spoorwegen en wordt het plaatje met de naam Heemaf (later HOLEC) in de trein een begrip. Een nieuwe vestiging in Duitsland en een licentieovereenkomst met Westinghouse droegen er verder toe bij dat de Heemaf in 1926 na Philips het belangrijkste laboratorium (maar de onderzoekers waren vooral verspreid werkzaam) voor elektrotechnisch wetenschappelijk onderzoek in Nederland bezat. Philips had 26 elektrotechnisch ingenieurs in dienst (en daarnaast 19 werktuigbouwkundig ingenieurs en 18 chemici), de Heemaf 20. In 1939 was dat 128 tegen 22 geworden.⁹ Na het vertrek van Keus en Frits Willink in de jaren vijftig gaat het minder goed. In 1960 wordt wel de miljoenste SKA-motor afgeleverd, maar in 1962 en 1963 komt er een fusie met Smit-Slikkerveer en Hazemeyer (in

1907 geïnvest door een ex-werknemer van de Heemaf) waaruit HOLEC ontstaat.

Tussen de twee wereldoorlogen is in Nederland een elektrotechnische industrie ontstaan die de buitenlandse concurrentie aankon. Anders dan bij de microbiologie van Beijerinck en Kluyver ging het bij de Delftse elektrotechniek en de Heemaf echter niet om baanbrekend fundamenteel onderzoek. Dat kon ook niet verwacht worden. Beijerinck was in Delft een vreemde eend in de bijt. De Technische Hogeschool heeft meer eer ingelegd met haar degelijk opgeleide ingenieurs die in de jaren twintig en dertig internationaal succesvolle hoogwaardige producten ontwikkelden. Tegen 1940 werkten er in de grootste industriële laboratoria honderden Delftse ingenieurs, elektrotechnici, werktuigbouwkundigen, maar ook scheikundig en natuurkundig ingenieurs. Daar stond niet meer dan een honderdtal universitaire chemici en fysici tegenover.¹⁰

Een herontdekking: Ornstein en de Utrechtse productie van industriële onderzoekers

De Polytechnische School werd opgericht om het technologisch niveau van het Nederlands bedrijfsleven te verhogen. Wetenschappelijk onderzoek hoorde echter niet tot de primaire taken van een instelling die een resultaat was van de Wet op het Middelbaar Onderwijs. Het was mooi meegenomen dat er onderzoekers werkten - men had gehoord dat er zelfs zeer goede bij waren - maar waarschijnlijk had er geen politicus of ondernemer geklaagd als er alleen onderwijs gegeven was.

Bij de universiteiten was de situatie aan het einde van de negentiende eeuw heel anders. Er werd op verschillende plaatsen onderzoek van wereldniveau gedaan en dat werd tegen die tijd als bijna vanzelfsprekend beschouwd. Dat dit onderzoek ook van nut moest zijn, zou principieel niet zijn geaccepteerd. Zelfs onderzoekers met technisch inzicht als Kamerlingh Onnes en Zeeman hiel-

den zich niet bezig met toegepaste wetenschap en hadden nauwelijks contact met het bedrijfsleven. Beijerinck en Einthoven waren uitzonderingen, die lange tijd geen navolgers hadden. Dit was niet alleen een gevolg van de belangstelling van de heren genieën, ook de bedrijven zelf hadden, zoals we zagen, niet veel over voor research op wetenschappelijk niveau. Veel later dan in Duitsland begon dit te veranderen.

Een pionier aan universitaire zijde was Ornstein (1880-1941), wiens naam we al vermeldden bij de signifi sche beweging waar hij door Brouwer bij betrokken was. Een recent proefschrift heeft terecht opnieuw de aandacht gevestigd op deze Utrechtse hoogleraar en vormt zo een tegenwicht tegen een overwegend op Leiden en Amsterdam gerichte belangstelling.¹¹

De natuurkunde was aan de universiteit van Utrecht lange tijd van niet al te groot belang. De universiteit was in het midden van de negentiende eeuw met hoogleraren als Mulder, Donders en Buys Ballot waarschijnlijk de beste bèta-universiteit van Nederland, maar ze had vreemd genoeg haar niveau niet kunnen handhaven. Bovendien was haar grote naam nooit te danken geweest aan fysici. Het laboratorium dat Buys Ballot had laten bouwen, stond niet lang voor het einde van de negentiende eeuw nog vol achttiende-eeuwse natuurkundige instrumenten. Op theoretisch noch experimenteel vlak gebeurde er iets, tot de komst van oom en neef Julius - Victor August Julius (1851-1902) en Willem Henri Julius (1860-1925) - die rond 1900 een traditie initieerden: de natuurkunde van de zon. Het onderzoek naar de absorptie van bepaalde spectraallijnen van het zonnespectrum en de theorie van de 'anomale dispersie' van de jonge Julius wekten in hun tijd zelfs internationale belangstelling. Met Julius' en Ornsteins leerling Marcel Minnaert (1893-1970), een in de Eerste Wereldoorlog gevluchte Belgische bioloog, zou een nog eminenter geleerde de traditie voortzetten tot ver in de twintigste eeuw. In 1902 werd Victor August Julius opgevolgd door Henri du Bois, die echter na twee jaar naar Berlijn terugkeerde. Zijn opvolger Wind hield zich - *what's in a name?* - voornamelijk bezig met meteorologie en overleed al in 1911. Toen Peter Debije in zijn voetspoor trad, maar

na twee jaar koos voor Zürich en later Duitsland, was men toe aan een man die zou blijven.

Leonard Salomon Ornstein was enig kind van welvarende ouders, Hij had na de hbs bij Lorentz gestudeerd en was, warm door hem aanbevolen, in 1909 in Groningen lector geworden in de mathematische fysica, hydrodynamica en mathematische chemie. Al snel ging hij samenwerken met Zernike, wat degelijke statistisch mechanische artikelen opleverde. Bij zijn benoeming in 1915 in Utrecht had Ornstein een reputatie opgebouwd als niet al te orgineel, nogal wiskundig georiënteerd theoretisch fysicus. Het was niet te voorzien dat hij het Utrechtse onderzoek een geheel nieuwe richting zou geven.

Toen Willem Henri Julius rond 1920 een tijd ziek was, nam Ornstein de leiding van het laboratorium over en zou die niet meer uit handen geven. De jonge veldheer, die gelukkig goed kon opschieten met zijn experimenteel-fysische collega Moll, begon voortvarend te reorganiseren. Er moest het hoofd worden geboden aan stijgende studentenaantallen. Zoals eerder ter sprake kwam, had de wet-Limburg het in 1917 mogelijk gemaakt dat hbs'ers zonder staatsexamen gingen studeren. De grotere aantallen studenten leidden tot efficiënter opgezette practica. Ook het onderzoek was aan heroriëntatie toe. Julius' theorie was voorbijgestreefd, maar het moest mogelijk zijn om de experimentele traditie in een nieuwe richting voort te zetten.

Van 1921 tot 1926 werd het laboratorium voor de aanzienlijke som van f550.000. - verbouwd en uitgebreid. Nieuwe onderzoekers als H.C. Burger, H.B. Dorgelo en de al genoemde Minnaert verbreedden en verdiepten het Utrechtse fotometrische onderzoek. Vanaf 1923 publiceerden Dorgelo en anderen de resultaten van intensiteitsmetingen van atomaire en moleculaire spectra. Na de benoeming van Burger tot lector werd gesproken over de 'firma Ornstein-Burger'. Ornsteins interesse was drastisch verschoven, drastischer nog dan indertijd was gebeurd bij Kamerlingh Onnes, die een enigszins vergelijkbare ontwikkeling had doorgemaakt. Van sterk wiskundig theoreticus was Ornstein geworden tot een onderzoeksleider met grote belangstelling voor experimenten. Hij

was altijd al 'socialer' geweest dan zijn collega-theoretici in den lande en kon nu in het grote laboratorium vol energie en enthousiasme mensen managen. Vanaf 1925 had hij intensief contact met industrie en beroepsverenigingen, omdat hij de eveneens flink gegroeide aantallen afgestudeerden aan banen wilde helpen en als eerste zag dat contractonderzoek de financiële basis van zijn laboratorium steviger maakte. In 1926 werd begonnen met onderzoek naar efficiënter stoken, een onderwerp dat voortvloeide uit de ervaringen met brandstofschaarste in de Eerste Wereldoorlog. Later kwamen daar veel andere opdrachten bij, vooral op elektrotechnisch en lichttechnisch gebied. Utrecht werd een concurrent van Delft. Omdat de organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO) sinds de oprichting in 1930 tot de Tweede



Ornstein, geschilderd door A.G. Hulshoff Pol (1933)

Wereldoorlog niet echt van de grond kwam, was Delft de enige serieuze mededinger bij de verwerving van opdrachten op dat gebied. Ornstein zag scherp dat het Delftse plan voor een wetenschappelijke natuurkundeopleiding gevaarlijk was voor de positie van zijn laboratorium en die van zijn afgestudeerden. Hoewel zijn leerling Dorgelo de nieuwe Delftse studierichting mocht opbouwen, sloeg hij hard terug met de instelling van een Utrechtse leerstoel voor technische natuurkunde, waarvoor de wettelijke belemmeringen in 1928 waren weggenomen.

We zien hier de minder gepolijste kanten van Ornsteins krachtige persoonlijkheid. Hij kon goed samenwerken met gelijkgestemden als Zernike, Moll en Burger, maar had vaak aanvaringen met ‘andersdenkenden’, zoals zijn collegae voor theoretische fysica Kramers en Uhlenbeck en zijn Leidse concurrent De Haas. De Laer Kronig zag in 1939 van een benoeming als opvolger van Uhlenbeck af, mede ‘omdat zowel volgens Uhlenbeck als Kramers de samenwerking met Ornstein buitengewoon veel te wensen overlaat’. In 1940 streed Ornstein zijn laatste strijd. Als vooraanstaand zionist was hij natuurlijk een gemakkelijk doelwit voor de bezetter. Hij had geweigerd te emigreren toen het nog kon, omdat hij zijn laboratorium niet in de steek wilde laten. Nadat hem de toegang was geweigerd, stierf hij verbitterd in 1941.

Laten we hem herdenken met zijn grootste prestatie: de voorbereiding van de eerste tientallen universitaire onderzoekers voor de nieuwe industriële laboratoria. Ornstein slaagde erin om tot 1940 liefst 92 jonge doctores af te leveren, van wie bijna veertig procent naar het bedrijfsleven ging. Liefst achttien van zijn promovendi gingen naar Philips, zeventien naar Shell. Vooral bij Philips kwamen alle geschetste ontwikkelingen in hoger technisch en bedrijfsgericht universitair onderwijs samen. Absoluut en relatief stond Ornsteins productiviteit als promotor (waarschijnlijk tot vandaag de dag) op eenzame hoogte, zoals uit de volgende tabel blijkt.

tabel 7 Experimenteel-natuurkundige doctores (1920-1941) naar promotor en latere werkring

	hoogleraarover- heid	hoger onder- wijs	middelb. onder- wijs	Indus- trie	anders	onbe- kend	totaal
Clay (UvAdam)	2	0	1	0	0	3	6
Coster (Gron.)	2	1	6	8	1	3	21
De Haas (Leiden)	0	7	2	8	0	2	19
Kamelingh Onnes (Leiden)	0	1	2	2	1	0	6
Keesom (Leiden)	2	3	6	5	1	5	22
Kohnstamm (UvAdam)	0	1	0	0	0	1	2
Michels (UvAdam)	0	1	1	2	0	1	5
Sissingh (UvAdam)	0	0	2	0	0	2	4
Sizoo (Vrije Univ. Adam)	1	0	1	0	0	0	2
Ornstein (Utrecht)	5	4	31	42	5	5	92
Zeeman (UvAdam)	2	1	7	5	2	3	20
Totaal	14	19	59	72	10	25	199

(bron: H.G. Heijmans, *Wetenschap tussen universiteit en industrie. De experimentele natuurkunde in Utrecht onder W.H. Julius en L.S. Ornstein 1986-1940*, p. 161. Ik heb mij een kleine correctie veroorloofd: Coster had 21 promovendi.)

Gerard Philips, Gilles Holst en het ontstaan van Philips' Natuurkundig Laboratorium

Philips, Shell en Unilever. Onze grootste multinationals worden meestal in alfabetische volgorde opgesomd. Het is echter ook de chronologische volgorde van het ontstaan van hun wetenschappelijke laboratoria. We zagen dat de Nederlandse bedrijven interna-

tionaal laat begonnen met wetenschappelijk onderzoek. Voor de grootste bedrijven was dat niet anders. De laboratoria van Philips en Shell zijn bijna even oud en dateren van vlak voor de Eerste Wereldoorlog. Het Vlaardingse laboratorium van Unilever is zelfs pas gesticht na 1945 en blijft daarom hier buiten beschouwing.

Evenals Unilever ontstond Shell uit een Brits-Nederlandse fusie. De Nederlandse tak, 'de Koninklijke', was aan het einde van de negentiende eeuw opgericht om olie te winnen in Nederlands-Indië.¹² Na een moeizame start in de jaren negentig werd het bedrijf van de ondergang gered door J.B.A. Kessler, die in 1896 Henri Deterding in dienst nam, een manager wiens succes in Nederland alleen met dat van Anton Philips is te vergelijken.¹³ Deterding (1866-1939), gezegend met een fabelachtig geheugen en formidabele rekenvaardigheden, kon de Koninklijke in 1907 laten fuseren met de Britse Shell-groep op voor de Nederlanders zeer gunstige voorwaarden. Later liet hij de nieuwe onderneming zelfs Rockefeller's Standard Oil voorbijstreven. Toen hij eind 1936 aftrad, was de Koninklijke-Shell het belangrijkste olieconcern ter wereld, wat het tot vandaag de dag gebleven is. Die solide positie werd helaas niet verworven door Deterdings historische faam, die geleden heeft onder zijn flirt met nazi-Duitsland. Misschien is erger voorkomen door zijn betrekkelijk vroege overlijden in 1939.

Het wetenschappelijk onderzoek bij Shell kent ook een pionier, namelijk W.L. Sluyterman van Loo (1871-1946), in 1895 de eerste chemisch ingenieur die door de Polytechnische School werd afgeleverd. In oktober van het jaar van zijn afstuderen begon Sluyterman in een primitieve Delftse werkplaats, dat in december van hetzelfde jaar werd overgebracht naar het kantoor van de Koninklijke in Den Haag, met onderzoek naar de verbranding van bepaalde oliesoorten. In 1902 werd hij aangesteld in Rotterdam, waar hij een klein laboratorium kreeg bij een nieuwe installatie voor de productie van benzine. Hij werd echter steeds meer belast met administratieve taken en in 1909 kwam het Rotterdamse lab onder leiding te staan van ir. J.E.F. de Kok, eveneens scheikundig ingenieur en later de opvolger van Deterding als directeur-generaal. Van echt wetenschappelijk onderzoek ten behoeve van pro-

ductontwikkeling was nog nauwelijks sprake. Er werden vooral bestaande grondstoffen en fabrikaten getest.

Dat veranderde nog niet direct na de opening van een geheel nieuw laboratorium aan het IJ in Amsterdam in augustus 1914. Onder leiding van De Kok werd gestart met negen man. In de jaren twintig begon het onderzoek te verwetenschappelijken en waaierte het uit naar verschillende richtingen. Er werden nu onderwerpen bestreken als kwaliteitscontrole van ingekochte materialen, onderzoek naar nieuwe productieprocessen voor benzine en kerosine, eigenschappen van smeerolie en medicinale olie, en de vervaardiging van kleurstoffen uit aardolie. Er werd ook gewerkt aan nieuwe constructiemethoden voor boorinstallaties, terwijl er in het laboratorium employees werden opgeleid die later leidinggevende functies zouden bekleden. Tussen 1920 en 1945 groeide het Koninklijke-Shell-laboratorium onder leiding van ir. G.J.L. Caviët uit tot een van de grootste industriële laboratoria ter wereld.

In de jaren twintig groeide Shell in Nederland uit tot de grootste werkgever van universitaire chemici en scheikundig ingenieurs en die positie werd steeds verder versterkt. Ook om de wordingsgeschiedenis van Philips' Natuurkundig Laboratorium in perspectief te plaatsen, geef ik (op pagina 212) een vereenvoudigd overzicht van de aantallen wetenschappers die bij grote Nederlandse bedrijven tot de Tweede Wereldoorlog in dienst waren.

Het is duidelijk dat Shell en Philips in het interbellum veruit de meeste ingenieurs en universitaire afgestudeerden in dienst hadden. Nu waren er ook wetenschappers in dienst op andere afdelingen dan de laboratoria, maar zeker in de jaren twintig stelde men daar het duurste personeel aan. Er waren wel duidelijke verschillen in het wetenschappelijk belang van het onderzoek bij beide grote bedrijven. Bij Shell werd weinig onderzoek gedaan dat aansloot op de universitaire traditie van presteren aan het front van de wetenschap. De raffinage van lampolie of het kraakprocédé van benzine waren geen onderwerpen die nieuwe wetenschappelijke theorieën van enige reikwijdte opleverden. Vandaar dat de contacten met

tabel 8 Grootste drie industriële werkgevers in Nederland van wetenschappers tussen 1920 en 1941 (de peildata verschillen per discipline)

	Elektro- technisch ingenieurs	Werktuig- bouwkundig ingenieurs	Chemici en schei- kundig ingenieurs	Natuur- kundig ingenieurs	Fysici
1920			Shell 26 Jurgens 17 Fabr. Chem. Prod. 10		
1926	Philips 26 Heemaf 20 Smit Slikkerveer 9	Werkspoor 21 Stork 20 Philips 19			
1927			Shell 23 Philips 18 AKU 13		
1934					Philips 38 Shell 8
1939	Philips 128 Ned.Siemens 32 Heemaf 22	Shell 56 Philips 52 Werkspoor 40			
1940				Philips 18 Shell 9 Fokker 3	
1941			Shell 101 Philips 47 AKU 17		

(bron: J.J. Hutter, 'Nederlandse laboratoria 1860-1940' in: *Werkplaatsen van wetenschap en techniek. Industriële en academische laboratoria in Nederland 1860-1940* (red. R.P.W. Visser & C. Hakfoort), themanummer van *Gewina. Tijdschrift*

voor de geschiedenis der geneeskunde, natuurwetenschappen, wiskunde en techniek, jrg. 9, nr. 4, 1986, p. 150-174.)

universitaire hoogleraren schaars waren en er geen echte relatie tussen het laboratorium van de Koninklijke en het Nederlandse toponderzoek gelegd kan worden. Bij Philips was het anders. Daar kwamen alle eerder in dit hoofdstuk besproken ontwikkelingen samen en kunnen ook lijnen naar het toponderzoek getrokken worden.¹⁴

Ingenieur Gerard Philips (1858-1942) heeft lang in de schaduw gestaan van zijn commercieel briljante jongere broer Anton (1874-

1951). Hij was echter de oprichter van het concern en ook van het natuurkundig laboratorium dat zoveel heeft bijgedragen tot de duurzaamheid van Philips' positie in de wereld van de elektrotechniek voor consumenten. Gerard Philips studeerde na de hbs van 1876 tot 1883 aan de Polytechnische School in Delft, waar hij in 1881 omschakelde van civiele techniek naar werktuigbouwkunde. Een van zijn beste vrienden in Delft was F.G. Waller, die later directeur werd van Van Markens Gist- en Spiritusfabriek. In 1886 ging Philips in Glasgow studeren, waar hij opnieuw van vakgebied veranderde. Hij volgde een eerste cursus Electric Lighting and Transmission of Power bij Jamieson en ging daarna onderzoek doen bij William Thomson, later als Lord Kelvin nog beroemder geworden. Gerard Philips' onderzoek richtte zich onder meer op de werking van elektrische lampen. Na van 1887 tot 1891 in dienst te zijn geweest van verschillende fabrikanten van die lampen, waaronder AEG, begon hij in dat laatste jaar een eigen bedrijf. Philips was inmiddels van alle markten thuis. Hij kon niet alleen met zijn kleine schare medewerkers mooie lampen maken, in het begin vijfhonderd per dag. Hij verkocht ze ook. In 1893 kreeg hij een order van duizend lampen van zijn vriend F.J. Lugt van de maatschappij 'Electra'. In 1895 werden dat er zeventuizend. Een groot deel van de productie ging naar het buitenland. Eindhoven kreeg zelf pas in 1915 een elektrisch lichtnet!

Philips had veel internationale contacten. In de jaren negentig ontmoette hij Clarence P. Feldmann, die later een rol zou spelen in de geschiedenis van de Heemaf. Feldmann werkte toentertijd in Keulen en ging lampen voor Philips testen. In 1903 kwamen ze elkaar tegen bij kartelbesprekingen in Berlijn tussen AEG, Philips en andere firma's. Feldmann vertegenwoordigde toen Sturm & Co. In 1905 werd hij benoemd tot hoogleraar elektrotechniek in Delft. In 1917 werd op zijn initiatief een eredoctoraat verleend aan Gerard Philips.

In 1908 nam Philips de eerste chemisch ingenieur in dienst, daarna ook werktuigbouwkundig ingenieurs. Drie gunstige factoren maakten daarna een nieuwe sprong voorwaarts mogelijk bij de



Gerard Philips rond 1915



Gilles Holst rond 1915

kennisintensivering van het bedrijf. Allereerst werd het in 1910 mogelijk om preferente aandelen uit te geven. Rond 1900 was het nog bijna ondoenlijk om in Nederland een onderneming te beginnen door uitgifte van aandelen. Als men weinig eigen kapitaal had, kon men eigenlijk alleen van start gaan met geld dat geleend was van vrienden en verwanten. Nog in 1911 raadde Henry van den Bergh - een van de grondleggers van Van den Bergh & Jurgens en dus van Unilever - Anton Philips daarom aan om zijn hoofdkantoor in Londen te vestigen, waar via de beurs gemakkelijker geld voor investeringen te krijgen was.

In hetzelfde jaar 1910 kwam er in Nederland eindelijk een octrooiwet. Tot die tijd was laboratoriumkennis vogelvrij, en dat was zeker een van de redenen voor de trage start van de Nederlandse industriële research.

Ten slotte was er de grote nettowinstsprong bij Philips van f645.000.- in 1910 tot f1.042.000.- in 1911, voor het eerst meer dan een miljoen. De tijd was nu rijp voor investeringen in research. De lampentechniek werd in de grote buurlanden en in de Verenigde Staten steeds verder verfijnd. Er moest meer deskundigheid komen in eigen huis. In 1911 informeerde Gerard Philips nog vergeefs bij hoogleraren of ze jonge onderzoekers kenden die geïnteresseerd zouden kunnen zijn in onderzoek aan elektrische lampen. In oktober 1913 reageerde een onderzoeker van het laboratorium van Kamerlingh Onnes, Gilles Holst, op een advertentie. Hij werd al snel gevolgd door zijn collega's Ekko Oosterhuis en de Deen Sophus Weber.

Holst (1886-1968), wiens vader directeur van de scheepswerf Conrad in Haarlem was, had niet aan de Polytechnische School of een Nederlandse universiteit gestudeerd.¹⁵ Na de hbs en wat werkervaring, onder andere bij Willem Smit in Slikkerveer, was hij naar Zürich gegaan. Aan de Eidgenössische Technische Hochschule ging hij van de studie elektrotechniek over op wis- en natuurkunde. Hij liep onder meer college bij Marcel Grossmann, die later Albert Einstein beslissend hielp bij het opstellen van de algemene relativiteitstheorie. Holst werd in Zürich assistent van H.F. Weber en daarna van Kamerlingh Onnes in Leiden, beide

keren een baan die eerder aan Einsteins neus voorbij was gegaan. In Leiden voerde Holst allerlei metingen uit. Hij was het die in 1913 als eerste de supergeleiding - het verdwijnen van de elektrische weerstand - bij lage temperaturen waarnam. Kamerlingh Onnes, die het onderzoek had opgezet, kreeg echter alle eer, wat in die tijd betrekkelijk normaal was.¹⁶ In 1914 promoveerde Holst in Zürich op een thermodynamisch onderwerp. Daarna vertrok hij naar Eindhoven om op Gerard Philips' verzoek een fysisch laboratorium te stichten. De eerste tien jaar deed Holst zelf veel onderzoek, te beginnen met de verbetering van de zogenaamde halfwattlamp, waarmee Philips veel succes had.

De Eerste Wereldoorlog bracht problemen met zich mee bij de aanvoer van materialen. Behalve tot grote vooruitgang bij de productie van röntgenbuizen - Nederlandse bedrijven en instanties gingen naar Philips voor reparaties hieraan, waardoor veel knowhow werd opgebouwd - leidde de schaarste tot een belangrijke ontwikkeling die alleen mogelijk was door de wortels van Philips' laboratorium in dat van Kamerlingh Onnes. Vroeg in 1915 werd het de firma Linde in Wiesbaden door de Duitse overheid verboden om argon te leveren, een edelgas dat onmisbaar was voor de kleine halfwattlampen. Onderzoeker H. Filippo, die ook afkomstig was van het Leidse laboratorium, vond een methode om bij zeer lage temperaturen argon te produceren. In november 1915 voorzag Philips in de eigen behoefte. In 1916 tekenden de Amerikaanse bedrijven General Electric en Osram-Robertson zelfs een contract voor de levering van argon en productieapparatuur door Philips. Later werd de ervaring met koeltechniek onder meer gebruikt voor de Stirling-koelmachine (na 1938; na 1955 werd deze een commercieel succes, in 1959 kreeg men de Kamerlingh Onnesmedaille voor het eraan ten grondslag liggende onderzoek) en onderzoek in de jaren vijftig naar supergeleiding.

Ook op een andere manier reageerden Holst en het Natuurkundig Laboratorium (hier verder zoals gebruikelijk Nat. Lab. genoemd) op de Leidse traditie. In zijn biografische schets van Holst destilleerde Casimir tien geboden uit Holsts stijl van leidinggeven. Er lijkt - ondanks de overeenkomsten, zoals de onderkenning van

het belang van technische ondersteuning van het onderzoek - een frappant contrast te hebben bestaan tussen de twee succesvolle tradities.¹⁷ Vooral de nadruk bij Philips op eigen verantwoordelijkheid en vrijheid, inclusief het op eigen titel publiceren, die in veel van de maxims van Holst en Casimir terugkeert, is opvallend. Men kan zich voorstellen dat niet alleen Holsts Leidse ervaringen, maar ook het verschil in doelstelling een rol hebben gespeeld. Kamerlingh Onnes was decennialang op jacht naar één doel, namelijk het absolute nulpunt zo dicht mogelijk te benaderen. Holst moest een gevarieerd programma afwerken. In het fraaie, in 1923 geopende nieuwe laboratorium werd onderzoek verricht naar de fysische grondslagen van allerlei typen verlichting, zoals gasontlading (tl-buizen), maar later ook van radio en tv (diodes en triodes, radio- en beeldbuizen). Holst had veel gevoel voor toepasbare vindingen. Bij de demonstratie van het allereerste natriumlicht keken de gele gezichten elkaar vragend aan. Toen een spoorboekje goed leesbaar bleek, sprak Holst spitsvondig: 'dus wegverlichting.' Hij werd door de niet meer zo voor vernieuwing openstaande Gerard Philips afgeremd bij het onderzoek naar radio's. Broer Anton gaf hem later de vrije hand.

In de jaren twintig en dertig waren er veel zeer goede onderzoekers bij Philips in dienst. Ik noem er slechts drie: ir. Klinkhamer, die de Heemaf eerder aan grote verkoopsuccessen had geholpen, maar er persoonlijk nogal bekaaid van af was gekomen en in 1929 naar Philips overging; Ornsteins waarschijnlijk belangrijkste leerling H.B. Dorgelo, die voor Philips in de jaren twintig en later als hoogleraar in Delft van grote waarde is geweest; en de Duitse Nobelprijswinnaar Gustav Hertz, die van 1920 tot 1924 bij Philips werkte. In de Eerste Wereldoorlog gaf Paul Ehrenfest op Holsts verzoek college op het Nat. Lab. over Bohrs kwantumtheorie van het waterstofatoom. Hertz liet zien dat dat relevant was voor productontwikkeling. In 1914 had hij met James Franck een relatie gelegd tussen Bohrs theorie en elektrische geleiding door gassen. Hij kreeg met Franck daarvoor in 1926 de Nobelprijs.

In de jaren dertig was Philips' Nat. Lab. uitgegroeid tot meer dan alleen een afnemer van wetenschappelijk talent. Het laborato-

rium had inmiddels een grote reputatie opgebouwd. Ervaren onderzoekers als Dorgelo konden na hun vertrek bij Philips hoogleraar worden aan bijna iedere universiteit. Dat gebeurde tot 1955 dan ook met achttien Philips-onderzoekers, terwijl er vijf een buitengewone of bijzondere leerstoel met hun werk bij Philips combineerden. Van die uitstraling van het Nat. Lab. maakte Holst gebruik. Niet alleen werd hijzelf in 1930 buitengewoon hoogleraar in Leiden, hij stond ook aan de wieg van de opleiding voor natuurkundig ingenieur in Delft, die in 1929 van start ging, stichtte met Ornstein in 1921 de Nederlandsche Natuurkundige Vereniging en werkte na de oorlog succesvol samen met De Quay om in Eindhoven zelf een Technische Hogeschool van de grond te krijgen. In 1946 ging Holst met pensioen en werd hij als directeur opgevolgd door H.B.G. Casimir, die het hoge niveau van het onderzoek bij Philips handhaafde.

Eindnoten:

- 1 Veel informatie in dit hoofdstuk is ontleend aan het standaardwerk *Geschiedenis van de techniek in Nederland. De wording van een moderne samenleving 1800-1890*, in 6 delen uitgegeven door de Walburg Pers in Zutphen door een team techniekhistorici onder leiding van prof. H.W. Lintsen tussen 1992 en 1995. Vooral de delen 1, 5 en 6 waren goudmijnen voor feiten en opinies.
- 2 Recent kreeg ik een biografie van Jacques van Marken onder ogen: Wim Wennekes, *De aartsvaders. Grondleggers van het Nederlandse bedrijfsleven*, Amsterdam/Antwerpen: Atlas, 1993, 6de druk 1997, 592 p., p. 141-195. Er is ook een korte biografie van zijn vrouw, Agneta W.J. van Marken-Matthes verschenen in het *Biografisch woordenboek van Nederland* (deel IV; de auteur, W. de Vries Wzn, publiceerde ook een langer artikel over Van Marken en het Agnetapark in Delft). Over Van Marken zelf vond ik ook nog: Geert Hofstede, 'The History of a Social Invention', in: *Futures for Work* (ed. Geert Hofstede), Den Haag etc.: Martinus Nijhoff, 1979, 174 p., p. 11-29. Daarin wordt ook een door zijn vrouw aan hem gewijde biografie genoemd.
- 3 Zie voor de geschiedenis van het elektrotechnisch onderwijs in Nederland een viertal artikelen van J.M. Brans, A.N. Hesselmans en H.K. Makkink in *Elektrotechniek*, jrg. 66 (1988), nr. 3, p. 221-223 en nr. 12, p. 1153-1159, en jrg. 67 (1989), nr. 1, p. 49-56 en nr. 5, p. 437-445.
- 4 Er bestaan gedenkboeken van Smit-Slikkerveer, van Ger. H. Knap (75 jaar) en J. Hoek (100 jaar).
- 5 J. Tuik heeft de aandacht gevestigd op het belang van Hofstede Crull voor de geschiedenis van de elektrotechnische industrie, zie bijvoorbeeld: 'Hofstede Crull brengt verlichting', *HEIM* (Hengelo's Educatief Industrie-Museum), jrg. 1 (1992), nr. 1, p. 6-15. Eerder had E.J. Fischer al gebruikgemaakt van het door Tuik verzamelde materiaal in zijn omvattende *Stroom opwaarts. De elektriciteitsvoorziening in Overijssel en Zuid-Drenthe tussen circa 1896 en 1986*, Zwolle: Waanders, 1986, 376 p. Daarin komt de industriële loopbaan van Hofstede Crull met zijn ups en downs uitgebreid ter sprake.
- 6 'Spoor-Jan' was een van mijn betovergrootvaders, Willem een jongere broer van mijn overgrootvader. Ook van hen bezit ik archiefmateriaal. Interessanter zijn archief en machines in het industriemuseum in Hengelo (HEIM), gevestigd in oude gebouwen van de Heemaf.
- 7 Helaas bestaat van de Heemaf, in tegenstelling tot bedrijven als Smit-Slikkerveer, Philips en Stork, geen gedenkboek. Er is alleen een brochure van Hofstede Crull expliciet gewijd aan de geschiedenis van de Heemaf, *De 'Heemaf'. Haar ontstaan en haar ontwikkeling*, 's-Gravenhage, 1917, 14 p. Ook is informatie te vinden in het boek van Fischer, het blad HEIM en het gelijknamige museum, zie noot 6 bij dit hoofdstuk.

- 8 Ik dank ir. Martien Pot en de in het voorwoord genoemde twee zonen van ir. Klinkhamer voor allerlei informatie over Heemaf en Klinkhamer die slechts gedeeltelijk te verwerken was.
- 9 Ik kan het bijna niet laten om nog meer cijfers te vermelden, maar stel dat uit tot de paragraaf over Philips. De gegevens zijn afkomstig uit het zeer interessante artikel van J.J. Hutter, 'Nederlandse laboratoria 1860-1940, een kwantitatief overzicht', in: *Werkplaatsen van wetenschap en techniek. Industriële en academische laboratoria in Nederland 1860-1940*, red. R.P.W. Visser & C. Hakfoort, Amsterdam: Rodopi, 1987, 184 p., oorspronkelijk een themanummer van *Gewina*, jrg. 9 (1986), nr. 4, p. 150-174. Dit themanummer werd in 1987 als boek uitgegeven door Rodopi in Amsterdam.
- 10 Zie het artikel van Hutter, zie de vorige noot, p. 170.
- 11 In deze paragraaf, ook waar het de biografische gegevens over Ornstein betreft, baseer ik mij op het belangrijke proefschrift van H.G. Heijmans, *Wetenschap tussen universiteit en industrie. De experimentele natuurkunde in Utrecht onder W.H. Julius en L.S. Ornstein 1896-1940*, Rotterdam: Erasmus Publishing, 1994, 241 p., o.a. besproken door G.P.J. Verbong, *Isis*, vol. 87, 1996, p. 196-197.
- 12 Vier bronnen over Shells geschiedenis en industriële research: C. Gerretson, *Geschiedenis der 'Koninklijke'*, 5 delen, Baarn: Bosch & Keuning, 1ste druk 1932 e.v.j., 3de druk 1971 e.v.j.; *Van Rotterdam Charlois naar Rotterdam Pernis 1902-1977*, jubileumuitgave van *Onder de vlam*, jrg. 21, nr. 939, 16 september 1977; Jules Schweppe, *Research aan het IJ. Ibpma 1914-ksla 1989*, Amsterdam: Shell Research, 1989, 320 p.; H. Gabriëls, *Koninklijke Olie: de eerste honderd jaar 1890-1990*, 's-Gravenhage: Shell, 1990, 234 p.
- 13 Recent verscheen een nieuwe biografie: Paul Hendrix, *Henri Deterding: de Koninklijke, de Shell en de Rothschilds*, Den Haag: Sdu, 1996, 368 p.
- 14 Twee bronnen voor de geschiedenis van Philips en het Nat. Lab.: A. Heerding, *The History of N.V. Philips Gloeilampenfabrieken*, 2 delen, Cambridge etc.: Cambridge University Press, 1985 (Engelse vertaling van een oorspronkelijk Nederlands werk uit 1980); *An Anthology of Philips Research* (red. H.B.G. Casimir en S. Gradstein), Eindhoven: Philips, 1966, 469 p. Een nuttig overzichtsartikel is: Joop Schopman, 'Wetenschap in bedrijf: ontwikkeling en organisatie van het halfgeleideronderzoek binnen de N.V. Philips' gloeilampenfabriek', *Gewina*, jrg. 5 (1982), p. 158-185.
Ten slotte heb ik nog brochures van Philips gebruikt, zoals *De Philips Gloeilampenfabriek anno 1891*, Eindhoven: Philips, 1992, 23 p.
- 15 De belangrijkste gegevens over Holst komen uit: H.B.G. Casimir, *Gilles Holst. Pionier van industrieel onderzoek in Nederland*, Holst-lezing 1981 van de Technische Hogeschool Eindhoven, 17 p.
- 16 In zijn memoires bespreekt H.B.G. Casimir Onnes' gedrag terecht enigszins kritisch, maar echt fout was het niet. Overigens publiceerden Onnes en Holst in 1913 wel samen een artikel over het fenomeen in de Verslagen van de Koninklijke Akademie. Kamerlingh Onnes had toen zijn Nobelprijs al ontvangen.
- 17 Bij een bezoek aan Casimir begin januari 1997 zei deze zelfs dat Holst in zijn managementpraktijken juist het tegenovergestelde wilde van wat Kamerlingh Onnes deed.

8 Van Gouden naar Zilveren Eeuw?

De Nederlandse bètawetenschap voor en na de Tweede Wereldoorlog

In zijn autobiografie schreef H.B.G. Casimir: ‘Kramers overleed in 1952 en ik zou hem kunnen opvolgen. Maar toen ik ging kijken in het Instituut voor Theoretische Natuurkunde in Leiden werd ik neerslachtig. De oude kamers, de oude bibliotheek waren bijna precies als vroeger, zonder nieuw leven, zonder duidelijke tekenen van groei. Er was nauwelijks administratieve hulp, er was maar heel weinig geld voor reizen en voor het uitnodigen van sprekers uit het buitenland.’¹ In de jaren dertig was de Leidse natuurkunde, naast de sterrenkunde van De Sitter en Oort, nog het visitekaartje geweest van de Nederlandse natuurwetenschap. In Utrecht werd hard gewerkt, maar zonder veel theoretische en internationale invloed. De toestand in Amsterdam was voor een bakermat van de theoretische natuurkunde onder de maat. In zijn biografie van Kramers beschrijft Max Dresden hoe hij en zijn vriend Abraham Pais (de latere biograaf van Einstein en Bohr) gefascineerd waren door de nieuwe ontwikkelingen in de natuurkunde, relativiteitstheorie en kwantummechanica. Maar er viel in Amsterdam daarover niets te leren. Niet de oud geworden jonge Van der Waals, maar Kramers was de man bij wie in Nederland gestudeerd moest worden. Tegen 1940 was Nederland nauwelijks meer in de voorhoede van de natuurkunde vertegenwoordigd. Op Kramers na waren er geen hoogleraren betrokken bij de toch opzienbarende ontwikkelingen die zich voltrokken in de grote buurlanden, en ook in Kopenhagen en Rome. Jonge enthousiaste onderzoekers

trokken weg, Uhlenbeck en Goudsmit, Dresden en Pais gingen naar Amerika, Casimir naar Philips.

In de bètawetenschappen neemt de fysica een centrale plaats in, maar er zijn ook andere disciplines. Hoe stonden die ervoor? Dat verschilde sterk per gebied. De scheikunde had al eerder dan de natuurkunde aan elan verloren. Eigenlijk was het al na het vertrek van Van 't Hoff en de dood van Bakhuis Roozeboom in 1907 gedaan met het onderzoek van internationaal niveau. In de natuurkunde hielden Kramers en de jongeren de ontwikkelingen nog bij, maar het was nauwelijks denkbaar dat de kwantumchemie van Linus Pauling of later de biochemische revolutie van Watson en Crick enige directe weerklank hadden gevonden in Nederland, laat staan dat Nederlanders er wezenlijk toe hadden bijgedragen. Ook in de biologie en de medische wetenschappen ontbrak tegen 1940 de aansluiting op internationale ontwikkelingen. Alleen in de wiskunde, de aardwetenschappen en vooral de astronomie kon Nederland zich met de besten meten. De leerlingen van Brouwer, geologen als Vening Meinesz en wat later Kuenen en Nieuwenkamp, krijgen dan ook terecht ruime aandacht in de *Dictionary of Scientific Biography*. Oort en Van de Hulst staat dat zeker te wachten. Al bij al waren de Nederlandse wiskunde en natuurwetenschappen vlak voor de oorlog niet meer van het niveau van rond 1900, maar er was nog behoorlijk veel onderzoek van internationaal belang.

Behalve deze kwalitatieve impressies zijn er ook kwantitatieve gegevens die dit oordeel kunnen bevestigen. In hoofdstuk 1 werden cijfers gegeven die gebaseerd waren op analyse van twee naslagwerken. Voor de periode 1900-1940 kan alleen de *Dictionary of Scientific Biography* nog gebruikt worden. Na 1940 laat ook deze bron het afweten. Het is interessant om het aandeel van de Nederlandse toponderzoekers te vergelijken met dat van Duitsland en de Verenigde Staten. De neergang van de eerste en de opkomst van de tweede grootmacht komen duidelijk uit de tabel hiernaast naar voren. Ons land volgde een trend daar precies tussenin. Tot 1940 kon het heel aardig de gemiddelde ontwikkeling bijhouden. Alle bètadisciplines samen hielden de Nederlandse positie overeind.

tabel 9 Aantallen behandelde onderzoekers en nationale aandelen in de *Dictionary of Scientific Biography*

	totaal aantal actieve onderzoekers	aandeel Nederland	aandeel Duitsland	aandeel Ver. Staten
1870-1879	986	13 (1,3%)	237 (24,0%)	133 (13,5%)
1880-1889	1156	23 (2,0%)	269 (23,3%)	186 (16,1%)
1890-1899	1354	28 (2,1%)	286 (21,2%)	264 (19,5%)
1900-1909	1511	32 (2,5%)	284 (18,8%)	354 (23,4%)
1910-1919	1584	40 (2,6%)	290 (18,3%)	401 (25,3%)
1920-1929	1514	40 (2,5%)	246 (16,2%)	428 (28,3%)
1930-1939	1368	34 (2,5%)	167 (12,2%)	443 (32,3%)
	nieuwe onderzoekers	aandeel Nederland	aandeel Duitsland	aandeel Ver. Staten
1870-1879	290	4 (1,4%)	58 (20,0%)	40 (13,8%)
1880-1889	356	8 (2,2%)	67 (18,8%)	62 (17,4%)
1890-1899	377	10 (2,7%)	55 (14,5%)	85 (22,5%)
1900-1909	378	6 (1,6%)	36 (9,5%)	110 (29,1%)
1910-1919	313	10 (3,2%)	32 (10,2%)	72 (23,0%)
1920-1929	230	4 (1,7%)	16 (7,0%)	56 (24,3%)
1930-1939	163	4 (2,5%)	12 (7,4%)	39 (23,9%)

(bron: Eigen tellingen op de delen 1-18 van de *Dictionary of Scientific Biography*.
N.B. zie voor methodologische overwegingen de bron van tabel 3. Kleine

Uit de tabel kunnen ook andere details naar voren worden gehaald, zoals de vroege start van de Amerikaanse bloei en de stagnatie van de aantallen in Amerika zelf opgeleide onderzoekers ('nieuwe onderzoekers' zijn gedefinieerd als in eigen land opgeleid en in het betreffende decennium dertig jaar oud geworden). De groei van het totaal aantal Amerikaanse toponderzoekers kwam al na 1910 kennelijk voort uit de instroom van emigranten die vooral later afkomstig waren uit Duitsland.

Voor de jaren vanaf 1940 verliezen de gegevens uit de *Dictionary of Scientific Biography* hun bruikbaarheid vanwege de sterk afnemende aantallen opgenomen onderzoekers, en tot de komst van het citatieonderzoek in de jaren zeventig en tachtig zijn er geen goede indicatoren te vinden voor bloei of verval. We moeten het doen met citaten als van Casimir of met de verslagen van de vele - maar niemand weet hoeveel - emigraties van talentvolle jonge onderzoekers naar Amerika. Er is in ieder geval één overduidelijk bewijs dat ons land geen kleine grootmacht meer was: de Nobelprijzen. Waren er voor 1940 al enkele winnaars geweest die emigreerden - naast het speciale geval Röntgen ook Van 't Hoff en Debije - na de oorlog was het uitzonderlijk dat een Nederlandse winnaar in Nederland bleef werken. Na Zernike, die uit een eerdere generatie stamde, gold dat alleen voor Jan Tinbergen. Andere prijswinnaars, Niko Tinbergen, Koopmans, Van der Meer, Bloembergen en Crutzen, vonden het aantrekkelijker om naar het buitenland te vertrekken.

Er is na 1945 heel veel gedaan om terug te komen op het oude niveau. Door goede initiatieven als de stichting van de Organisatie voor Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek (ZWO) en de bouw van de grote radiotelescopen is er ook weer een aanvaardbare positie verworven. Uit recente analyse van citatiegegevens door het Leidse Centrum voor Wetenschaps- en Technologie Studies van Van Raan en zijn medewerkers komt naar voren dat de Nederlandse bètawetenschap in de jaren negentig een meer dan gemiddelde invloed uitoefent. Het *Wetenschapsbudget 1997* van de minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen meldt op bladzijde 12 dan ook trots dat 'er goede kwaliteit wordt geleverd. Het blijkt dat er

relatief veel wordt gepubliceerd, en dat er over het algemeen een boven gemiddelde wetenschappelijke invloed is. Slechts enkele disciplines in de bètawetenschappen scoren onder het gemiddelde.' Bij het lezen van de laatste zin houd je je hart vast. Hij slaat dan ook op psychologie en economie! Uit de tabel die bij genoemde passage is afgedrukt, en die betrekking heeft op de jaren 1993-1994, blijkt dat het gemiddelde aantal citaties van Nederlandse publicaties varieert van iets boven (biologie, aardwetenschappen) tot ver boven het internationale gemiddelde (scheikunde, natuurkunde, klinische geneeskunde, landbouwwetenschappen). Dat is verklaarbaar: er zijn relatief veel goede en weinig zwakkere onderzoekers, zoals die er wellicht wel zijn op kleinere Amerikaanse universiteiten en colleges. Hoe het ook zij, Nederland is terug in de bètawetenschappelijke subtop.

Daar kunnen we blij mee zijn, maar het spreekt niet echt tot de verbeelding. Waarom zouden we niet méér willen? Het belang van een hoog niveau van onderwijs en onderzoek mag duidelijk zijn, maar bij het winnen van Nobelprijzen gaat het om een extra dimensie. Nobelprijswinnaars hebben vaak een enorme uitstraling. Ze trekken goede onderzoekers omhoog, zijn 'zichtbaar' voor een zeer breed publiek, van managers in het bedrijfsleven met ideeën voor contractonderzoek tot zeer talentvolle ambitieuze studenten in eigen land en andere landen, voor wie ze een voorbeeldfunctie kunnen vervullen. Onderzoekers met echt grote namen zijn ook erkende toppers waar een parlement tegenop ziet. Misschien raakt het zo geïnteresseerder in de wetenschap. Een land, zeker een klein land, kan in de grote wereld met zulke ambassadeurs veel aandacht naar zich toe trekken.

In recente tijden hadden we in Jan Tinbergen zo'n ambassadeur. Paul Crutzen is er eveneens een goed voorbeeld van. Er moeten er weer meer komen en ze moeten hun invloed direct in Nederland uitoefenen. Zoiets hebben we tot op zekere hoogte zelf in de hand, zoals ik voor de negentiende eeuw heb laten zien. De Nederlandse Nobelprijswinnaars waren er waarschijnlijk nooit gekomen zonder de wetten van 1863 en 1876. Vooral Lorentz was een specimen van wat ik bedoel: onaantastbaar in de wetenschapsge-

schiedenis, maar ook in brede lagen van de bevolking populair (de ‘vader van Einstein’, de berekeningen voor de Afsluitdijk). Een begrafenis met tienduizenden toeschouwers is nu bijna ondenkbaar geworden, maar de Nobelprijs en later de dood van Jan Tinbergen waren nog steeds groot nieuws.

In onze tijd zijn de Verenigde Staten ook wetenschappelijk oppermachtig, vooral in de theorievorming op de verschillende vakgebieden en in het leggen van verbanden tussen disciplines. Die superioriteit is vertaald in Nobelprijzen en grote namen. In Amerika is het beste waar te nemen hoeveel uitstraling grote onderzoekers kunnen hebben. Zonder Richard Feynman was het voor de NASA pijnlijke zelfonderzoek naar de ramp met de Challenger in 1986 uitgesteld of zelfs afgesteld. Feynmans televisieoptreden was indrukwekkend. Het is een genoegen om Amerikaanse geleerden op de tv te zien. Welke lezer van dit boek zal niet bij het kijken naar het VPRO-programma *Een schitterend ongeluk* verzucht hebben: hadden wij maar een Stephen Jay Gould? Feynman en Gould kwamen met revolutionaire theorieën. Ze schreven ook prachtige bestsellers. Een aantal grote Nederlandse onderzoekers kon vroeger echter ook populariseren of goede boeken voor studenten schrijven: Lorentz, De Sitter, Pannekoek, Oort, Heyting.

Kwaliteit is binnen bepaalde grenzen bestuurbaar. Ook in onze eeuw zijn er mooie voorbeelden van ‘voorspelbare genieën’. Enrico Fermi kreeg in het Italië van de jaren dertig veel kansen om zich te ontwikkelen. Mario Corbino, de directeur van het natuurkundig laboratorium van de universiteit van Rome, stuurde hem naar Max Born in Göttingen en naar Paul Ehrenfest in Leiden. Daarna kon Corbino, die ook senator was en een voormalig minister van Onderwijs, bewerkstelligen dat de natuurkundige faciliteiten sterk werden uitgebreid. Fermi, maar ook anderen zoals Franco Rasetti en Emilio Segrè, kregen zo de kans om Italië in de kernfysica op de kaart te zetten.² In 1938 ontving Fermi de Nobelprijs. Bijna net zo ging het in de jaren vijftig en zestig in Frankrijk met de heropleving van de traditie van Pasteur onder Jacques Monod, die min of meer zijn eigen Corbino was, en in 1965 met François Jacob en André Lwoff de Nobelprijs kreeg.

Een schrale troost: als extra inspanning voor Nederland toch te hoog gegrepen blijkt, levert de aanwezigheid van aantoonbaar veel subtoppers en de afwezigheid van het Nobelprijsniveau wel een mooie definitie op van ‘Tweede Zilveren Eeuw’. Als we daar niet meer boven uitstijgen, is dat achteraf ook begrijpelijk. De sociale grondslagen van de Tweede Zilveren Eeuw waarin wij ons dan zouden bevinden, deden in ieder geval tot voor kort sterk denken aan die van de achttiende eeuw.

Gelijkheidsdenken en kwaliteitsdenken

In de eerste decennia na de Tweede Wereldoorlog, de periode van de wederopbouw, kende ons land een sterk gereguleerde economie. Het bedrijfsleven was vooral gericht op binnenlandse afzetmarkten en kon, samen met de staat, tot op grote hoogte zorgen voor een gestage ontwikkeling die kapitaalverschaffers en salaristrekken beide tevredenstelde en bovendien de creatie van sociale voorzieningen mogelijk maakte. Met deze ontwikkeling liep Nederland keurig in de pas met de andere westerse landen, al zorgde de verzuiling voor accentverschillen. Vooral de consensus tussen sociale en politieke groeperingen over allerlei onderwerpen was in ons land anders gekleurd. Politieke partijen, werkgevers- en werknemersorganisaties, het omroepbestel, openbaar en bijzonder onderwijs, en de gezondheidszorg zijn meer tot stand gekomen op basis van geloofsverschillen dan van economische en sociale theorieën.

Tegen het einde van de jaren zestig kwam er een einde aan de wederopbouw en deed zich een verwarrend groot aantal snelle veranderingen voor. Ik noem er slechts enkele, namelijk de ontwikkelingen die voor onderwijs en wetenschap het belangrijkste waren. Er was een heftige botsing tussen generaties, vermengd met politieke meningsverschillen. Deze werd gesymboliseerd door de rellen rond het huwelijk van Beatrix en Claus. De snelle opkomst van de televisie maakte het mogelijk dat die in de huiskamer door miljoenen werden gevolgd. De ontzuiling zal zeker zijn versterkt

door de mogelijkheid om vanaf die tijd mensen van een andere gezindte vol zelfvertrouwen een totaal verschillende visie te zien verkondigen op de beeldbuis. In de jaren zestig haalde Nederland regelmatig de wereldpers. Behalve door verzuiling en ontzuiling bleken we ook af te wijken door het feit dat de vooral door jongeren bewerkstelligde vernieuwingen in de jaren zestig en zeventig zo sterk in politiek en maatschappij doorwerkten. Een boek van Becker³ vestigde recent weer de aandacht op het belang van generatieverschillen als verklarende factoren voor sociaal-culturele cesuren. Men kan twisten over de geldigheid en reikwijdte van Beckers viergeneratiesmodel, in ieder geval lijken de conflicten aan het einde van de jaren zestig ook samen te hangen met de opkomst van de relatief zeer omvangrijke 'geboortegolfgeneratie' van na 1945.

Na een vruchteloze poging om de jongeren met machtsmiddelen af te remmen, ging de overheid er rond 1970 toe over om ze te sussen met inspraakwetten, uitbreiding van de collectieve sector en veel lippendienst aan mooie doelen. Dat de hervormingen en de sterke loonstijgingen, die onder invloed van andere factoren eerder waren opgetreden, grote en negatieve economische gevolgen hadden, werd pas laat volledig zichtbaar door de vertroebelende aanwezigheid van een andere typisch Nederlandse factor: de aardgasbaten. Een buitenstaander als de uit Tsjechoslowakije afkomstige en in andere landen opgeleide Amsterdamse hoogleraar Ernest Zahn heeft het effect van de aanwezigheid van de delfstof vergeleken met dat van het goud en zilver dat de bouw van de enorme Spaanse kathedralen mogelijk maakte,⁴ en dat uitstel van executie verleende bij Spanjes verlies van de status van wereldmacht. Onze kathedralen hadden minder welluidende namen als WAO en BKR. In 1985 ontving de staat 24,5 miljard gulden aan aardgasbaten. Die zijn niet besteed aan de op veel terreinen noodzakelijke verbetering van de infrastructuur.

Er waren ook verreikende gevolgen voor wetenschap en universiteit. De overheid kon gemakkelijk aan de expansie- en inspraakeisen toegeven. Van alle begrotingen steeg die voor onderwijs het sterkst, van 4,9 procent van het netto nationale inkomen in 1960

tot 9,1 procent in 1978. Een enorm aantal leerlingen kon zo worden opgevangen, maar er werd op veel terreinen afgezien van selectie en controle. Zoals er in de tram geen kaartjes meer werden gecontroleerd, zo vond men het ondoenlijk en onwenselijk om de studentenoverstromingen in te dammen en werden er weinig eisen gesteld aan de vele nieuwe universitaire docenten. Er was toch geld genoeg, ook om incompetente medewerkers in dienst te houden. Harvard-Nobelprijswinnaar Bloembergen stelde in 1986: ‘Er zit [op de Nederlandse universiteiten] een permanente wetenschappelijke staf van middelbare leeftijd die weinig presteert, voor enkele decennia middelmatigheid garandeert en voorkomt dat jong talent tot bloei komt.’⁵ De geboortegolfgeneratie kon doen wat ze wilde. College lopen op de universiteit was bijvoorbeeld interessant. Deze ontwikkelingen hebben onderwijs en onderzoek geen goed gedaan en het imago van het hoger onderwijs tot in onze tijd geschaad. Pas na de pijnlijke bezuinigingen die begonnen in de jaren tachtig kwam er weer meer aandacht voor het feit dat forse inkomens en beurzen in andere landen grotere prestaties vereisten.

De grote welvaart had ‘gelijkheidsdenken’ mogelijk gemaakt. Het kabinet-Den Uyl werd in de jaren zeventig tijdelijk in staat gesteld om kennis en inkomen te spreiden over zoveel mogelijk mensen. Voor een inkomensnivellering hoefden nauwelijks offers gebracht te worden. Er was sprake van ‘levelling up’ en veel minder van ‘levelling down’. Nico Wilterdink heeft betoogd dat toenemende interdependentie tussen verschillende bevolkingsgroepen (klassen, overheid en burgers) binnen nationale samenlevingen aan de basis lag van de nivellering. De werkgevers waren sterk afhankelijk van de werknemers, en ook de andere groepen in een nationale staat hadden een positie die sterk genoeg was om inkomensnivellering af te dwingen.⁶ Samen met andere factoren - zoals een veeleisende overheid, stijgende olieprijsen en de opkomst van de Aziatische concurrentie - verklaren loonsverhogingen die met de nivellering gepaard gingen de teruggang in concurrentiekracht van veel westerse bedrijven.

Niet alleen op economisch vlak werkte het gelijkheidsdenken

door in Nederland en elders. Er was ook nivellering in andere sferen van de samenleving. Excellentie en elitevorming waren 'uit', wat rond 1980 tot de eerste bezonken oordelen over 'verval' leidde.⁷

Na 1980 - en door de aardgasinkomsten kon dit in Nederland nog even uitgesteld worden - moest het roer in het Westen om. Zelfs het Koeweit van het Noorden zag grote bedrijven failliet gaan en de werkloosheid tot onaanvaardbare hoogte stijgen. De nationale staten verloren sterk aan macht door de internationalisering van de bedrijven, die overal in de wereld goedkope en steeds beter geschoolde arbeidskrachten konden vinden. In het Westen namen de inkomensverschillen weer toe, doordat werknemers wereldwijd moesten gaan concurreren. De sociale voorzieningen werden versoberd, de collectieve sectoren ingekrompen. Nivelleren werd als sociaal-politiek doel verleden tijd.

In alle geledingen van de Nederlandse samenleving is er nu denivellering aan de gang. Die neemt verschillende vormen aan: vergroting van de inkomensverschillen, maar ook versterking van controle en verscherping van selectieprocedures. Een gevolg is ook de gerichtheid op kwaliteit. Organisaties en individuen moeten veel sterker dan vroeger voldoen aan verwachtingen van klanten en werkgevers, want er moet kwaliteit geboden worden. Overal, van managers van multinationals en landelijke overheden tot docenten en onderzoekers, is het 'kwaliteitsdenken' doorgedrongen. Er is opnieuw aandacht voor selectie van geschikte personen, voor vrijheid om nieuwe initiatieven te bedenken en uit te proberen, en voor de prestaties van de concurrentie.

Omdat het aardgasgeld grotendeels aan weinig duurzame doelen is opgegaan, kan de infrastructuur die nodig is om internationaal te concurreren, slechts traag worden verbeterd of aangelegd. Het hoger onderwijs is in de jaren negentig eerst zelfs nog gekort. Er zijn nu tekenen dat de situatie gaat veranderen en excellentie in dit fin de siècle weer een kans krijgt.

Is Nederland op weg naar nieuwe Nobelprijzen?

De onderzoekers aan de Nederlandse universiteiten hebben het na de Tweede Wereldoorlog niet gemakkelijk gehad. Na de oorlogstijd, waarin ze op zijn minst verstoken waren geweest van nationale en internationale contacten, was er de eerste tijd geldgebrek. Toen daaraan in de jaren vijftig een eind was gekomen, duurde het niet lang of de onderwijslast nam op veel gebieden onrustbarend toe. Met de studentenzondvloed kwam de onrust over de organisatie van de universiteit en de juiste wereldbeschouwing. Het is begrijpelijk dat er deze decennia weinig belangstelling was voor selectie en kwaliteitsbeoordeling. Behalve uit formele criteria, zoals een lage promotiegraad bij wetenschappelijk personeel op veel wetenschapsgebieden, kan dat worden afgeleid uit de internationaal gezien geringe omvang van de Nederlandse 'tweede geldstroom', dat wil zeggen geld dat na beoordeling door deskundigen van verschillende universiteiten aan projecten wordt toegekend. Het meeste onderzoeksgeld werd en wordt toegekend op basis van de aantallen studenten die de universiteiten bezoeken. De Nederlandse overheid hanteert daarbij ook in het hoger onderwijs het principe van de zogenaamde verdelende rechtvaardigheid. Alle universiteiten zijn haar ongeveer even dierbaar. Er mag geen sprake zijn van voortrekken. Deze verdeelsleutels voor het onderzoeksgeld hebben weinig met kwaliteit te maken.

De bètawetenschappen zijn relatief minder beschadigd uit de moeilijke periode 1945-1985 gekomen. Vlak na de oorlog was de stichting van ZWO, de Nederlandse tweedegeld stroomorganisatie, er vooral op gericht om natuurkunde en scheikunde weer op de been te helpen. Nog vandaag de dag gaat het meeste geld van ZWO's opvolger NWO, die ook toegepast onderzoek bestrijkt, naar die vakgebieden. Als we dat voegen bij het feit dat de grote studentenaantallen vooral andere disciplines overspoelden, dan wordt verklaarbaar dat het met de Nederlandse wis- en natuurkundefaculteiten nog redelijk goed gegaan is. Eerder zagen we dat de internationale invloed die uit citatiescores af te leiden is, op veel

gebieden groter is dan het wereldgemiddelde. Ook de beoordelingen door internationale deskundigen van het totale universitaire onderzoek vallen voor de bètawetenschappen bepaald niet slecht uit. Er zijn weer redelijke aantallen onderzoeksgroepen die het hoogste cijfer voor kwaliteit halen, een 5. Bij natuurkunde bijvoorbeeld acht van de 98 programma's. Bij astronomie, toch wel ons paradepaardje, zelfs vier van de acht.

Parallel aan de beoordeling van het onderzoek is er eindelijk hernieuwde aandacht voor individuele uitblinkers. NWO en de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen hebben de laatste jaren allerlei stimuleringsmaatregelen genomen. Er is een breed stelsel van beurzen, premies en projectsubsidies voor zeer goede jonge doctores uit binnen- en buitenland ontstaan. Daarbovenop zijn er sinds een paar jaar speciale programma's voor gevorderde onderzoekers waar nog veel van verwacht wordt, zoals PIONIER voor de bouwers van bruggenhoofden voor nieuwe onderzoeksgebieden en als klapstuk de Spinozaprijzen van twee (de alfa's en gamma's) of vier (de bèta's) miljoen gulden voor toponderzoekers, die hun onderzoek naar eigen inzicht kunnen opzetten of voortzetten. Op dit moment zijn zeven prijzen uitgereikt.

Door de op excellentie gerichte activiteiten van de laatste jaren lijkt een stoflaag te zijn weggeblazen. Opeens worden de toponderzoekers van onze tijd zichtbaar en blijkt er ook continuïteit te zijn met een ver verleden. Een van de Spinozaprijswinnaars is Gerard 't Hooft, die, zonder dat niet-fysici het merkten, in 1979 waarschijnlijk net een Nobelprijs misliep voor zijn bijdrage aan het Standaardmodel voor de fysica van de elementaire deeltjes. 't Hooft had het uitzonderlijke geluk, dat hij als kind gestimuleerd werd door zijn oom, de Utrechtse hoogleraar Nico van Kampen, die zelf weer een neef van Zernike en huisvriend van Kramers en diens kinderen was. Het zou heel bijzonder zijn als 't Hooft een tweede keer dicht in de buurt van de Nobelprijs zou komen. In ieder geval is het prachtig dat hij nu veel middelen en vrijheid krijgt. Een andere Spinozaprijswinnaar is de Amsterdamse astronoom Van den Heuvel, de enige leider van een onderzoekprogramma dat van de internationale beoordelingscommissie een 5-

plus voor kwaliteit ('wereldleider op een gebied') kreeg.

Ook op een iets lager niveau zijn er bewijzen voor een keer ten goede. De PIONIER-astrochemica Ewine van Dishoeck mocht in Leiden een nieuwe onderzoekslijn voor de analyse van interstellair materie opzetten. Inmiddels heeft ze een professoraat verworven en kreeg haar programma recent een 5 van de beoordelingscommissie. Dit is ook om een andere reden een verheugend feit. Van Dishoeck is de eerste Nederlandse vrouw die op het hoogste niveau in de bètawetenschap meedoet. Laten er meer volgen! Die wens geldt ook voor een andere categorie potentiële talenten: allochtonen. Het was een prettige verrassing, toen de Groningse student Whee Ky Ma in het nieuws kwam, een jongen die op zijn zeventiende doctoraal natuurkunde had gedaan en zich nu evenals 't Hooft gaat storten op het grote probleem van de kwantumgravitatie, de integratie van relativiteitstheorie en kwantummechanica.

Ongetwijfeld is er nog veel te doen voordat op nieuw beleid ook een nieuwe Gouden Eeuw volgt. Er zijn natuurlijk factoren die niet met beleid te beïnvloeden zijn. In *Scientific Elite. Nobel Laureates in the United States*, het belangrijkste boek dat tot dusver over de achtergronden van Nobelprijswinnaars geschreven is,⁸ geeft Harriet Zuckerman een overzicht van de belangrijkste sociale factoren die (in Amerika) een rol speelden, zoals: geboren worden in een familie die voor een zeer goede opleiding kan zorgen, geloof (joods is goed, katholiek is slecht), en leerling zijn van een andere winnaar (jammer dat bij ons de continuïteit verloren is gegaan!). In feite is er geen factor bij die door de overheid kan worden gestuurd. Ook hebben we niet veel aan het feit dat winnaars tot op zekere hoogte voorspeld kunnen worden op grond van citatiescores.⁹

Wel relevant is allereerst de onderwijspolitiek. Twee recente visitatiecommissies voor het onderwijs in natuur- en sterrenkunde en een commissie voor het wiskundeonderwijs hebben scherpe kritiek geuit op structurele gebreken.¹⁰ Er zijn zeker drie belangrijke knelpunten. Het voorbereidend wetenschappelijk onderwijs bereidt veel te weinig voor op het wetenschappelijk vervolg. In het middelbareschoolvak wiskunde is het leveren van bewijzen voor

stellingen naar de achtergrond geschoven. Formules komen dan uit de lucht vallen. De nationale commissie natuur- en sterrenkunde stelt: 'Er zijn signalen uit het vwo dat essentiële aspecten van de natuurkunde als een kwantitatieve wetenschap bij het onderwijs veel te weinig aan de orde komen of zullen komen. Dit baart de commissie zorg, omdat het in deze lacunes voorzien in de toekomst een nog grotere druk zou kunnen leggen op de universitaire natuurkunde-opleiding.'¹¹ Dan is er ten tweede duidelijk bewezen dat een vierjarige universitaire cursusduur tot het doctoraal internationaal onder de maat is. Overal is dat langer, zo'n vijf à zes jaar. Het is dus geen wonder dat Nederlandse doctorandi niet in Duitsland of Frankrijk mogen promoveren. Een derde negatief aspect is het smalle profiel van de natuurkundestudie, dat wil zeggen het geringe aantal niet-kernvakken zoals scheikunde en biologie. Dat stelt afgestudeerden minder goed in staat om nieuwe terreinen van onderzoek of toepassingen te vinden. Het bedrijfsleven, dat getuige is volgens het *Wetenschapsbudget 1997* afnemende investeringen in research en development net zoals de overheid voor een dubbeltje op de eerste rang wil zitten, heeft dus waarschijnlijk gelijk met zijn kritiek op de inzetbaarheid van bètadoctorandi. Ook heeft men gelijk met het luiden van de noodklok over de dalende instroom van bètastudenten, al zal op korte termijn daardoor de onderwijslast voor universitaire onderzoekers afnemen.

Beleidsmatig beïnvloedbaar is eveneens de werkomgeving van de toponderzoeker. Het is interessant om eens te kijken naar de plaatsen waar sinds 1980 de 103 personen werkten die een bèta-Nobelprijs kregen voor natuurkunde, scheikunde en medicijnenfysiologie. Het gaat om een beperkte groep vooraanstaande Amerikaanse universiteiten: Harvard 7, MIT en Stanford 6, Princeton, Cornell, Caltech en de University of Washington (Seattle) ieder 3. Daarnaast is er een even beperkte groep van niet-universitaire instituten die veel prijzen binnenhaalden: Max Planck Gesellschaft 8, CERN en het IBM-Lab in Zürich 4, Wellcome Research Lab 3. Het is duidelijk dat meer concurrentieanalyse van de Verenigde Staten en Duitsland zinvol is. Modelleren van de Nederlandse

organisatie van het onderzoek naar die van deze supermachten kan zeker bewuster en gericht geschieden. Om een voorbeeld te geven: waarom noemen we onze ‘universitaire hoofddocenten’ en zelfs de gewone docenten niet gewoon ‘professor’, zoals in Amerika en Duitsland? Een soepeler interpretatie van het leerstoelstelsel, dat toch al niet meer zoveel voorstelt, zou heel wat oneigenlijke ambitie overbodig maken. Carrièregerichte energie kan dan worden gereserveerd voor zinvoller doelen. Er zijn nu honderden speciale stichtingen opgericht of ingeschakeld om hoofddocenten ‘bijzonder’ hoogleraar te maken, wat ongeveer net zo moeilijk aan buitenlanders (behalve misschien Engelsen) uit te leggen is als het verschil tussen de christelijke partijen.

Zeer relevant voor Nederlandse pogingen om opnieuw het hoogste niveau te bereiken, zijn de acht Nobelprijzen die naar acht verschillende instituten van de Max Planck Gesellschaft gingen. Dat werpt ook een nieuw licht op de prijs van ‘onze’ Paul Crutzen in 1995. In Nederland ging Crutzen niet naar de universiteit en was zijn grootste prestatie het ontwerp voor het voetgangerstunneltje onder de weg die ooit liep voor het Centraal Station in Amsterdam. Na een universitaire studie in Zweden en Amerika werd hij uiteindelijk een van de directeurs van het Max Planck-instituut voor chemie (het Otto Hahn Institut) in Mainz. Hij deed dus niet alleen zijn vernieuwende onderzoek naar de opbouw van de aardse atmosfeer, maar ook zijn studie in het buitenland, en kan nauwelijks door Nederland geclaimd worden. Crutzen was blij dat hij in Duitsland de vrijheid kreeg die de Nederlandse universiteiten niet boden: ‘O, gaat u onderzoek boven de Atlantische Oceaan doen, meneer Crutzen? Met een expeditie de gevolgen van het verbranden van savannen in Brazilië voor de atmosfeer bestuderen? Goed idee, zeg. Zo gaat het hier.’¹² Een ander goed voorbeeld van recente braindrain is de chemicus Wim Hol, die in 1992 van de universiteit van Groningen een unieke subsidie van een miljoen gulden had gekregen. Hij verhuisde desondanks met zeven medewerkers naar de universiteit van Washington in Seattle, waar hij tientallen miljoenen kon krijgen voor de bouw van een laboratorium dat het hele traject bestrijkt van het isoleren en kwe-

ken van eiwitten van bacteriën en virussen die infecties veroorzaken, tot het ontwerpen van medicijnen. Hol vindt het Nederlandse onderzoeksbeleid dat zich concentreert op topinstituten veel te bureaucratisch: ‘Men doet geen recht aan de dynamiek van de wetenschap. Sommige gebieden zijn na een jaar of tien, twintig uitgeput; groepen vallen uiteen, omdat de trekker met pensioen gaat. Hier houdt het onderzoek dan ook op te bestaan. Maar zo'n instituut ben je niet een-twee-drie kwijt. [...] Je moet de wetenschappers die bewezen hebben dat ze wat in hun mars hebben, geld geven. Doe er maar wat mee. Dat is de beste impuls voor goed onderzoek.’¹³

De Max Planck-instituten zijn naast de Deutsche Forschungs Gemeinschaft (DFG) een hoofdpijler van het Duitse tweedegeld stroomonderzoek. In 1996 ging er 1,8 miljard mark naar toe (naar de DFG in 1994: 1,7 miljard mark). Er zijn 71 Max Planck-instituten, met 11.000 medewerkers, onder wie 3000 onderzoekers. De instituten zijn alle ingesteld rond toponderzoekers van wie veel verwacht wordt. Als ze aan het eind van hun programma komen, gaat het geld weer naar nieuwe instituten. De aandacht van de Max Planck Gesellschaft voor vrijheid en passende infrastructuur voor excellente personen staat in nogal schril contrast met de papier- en vergadercultuur rond de sinds enkele jaren in Nederland bestaande ‘onderzoekscholen’, ingewikkelde constructies rond onderzoeksgroepen die ingebed zijn in facultaire en universitaire organisaties. Er wordt veel tijd gestoken in het sluiten van allianties met verhoopte geestverwanten elders in het land. Onderzoekers blijven echter primair aangesteld aan een universiteit, onderzoekscholen kennen vrijwel alleen ‘papieren’ medewerkers. Sommige scholen hebben meer weg van brievenbusfirma's om premies op te strijken. In ieder geval kan men zich afvragen of onderzoeksexcellentie even goed of beter bereikt kan worden met polycentrische instellingen - die een reeks verspreide vestigingen in het land hebben - dan met de tot gemakkelijke contacten leidende werkomgevingen die Amerikaanse universiteiten en de Duitse Max Planck-instituten bieden. Er is de laatste tijd kritiek op het feit dat Max Planck-instituten nauwelijks banden met het universitaire onder-

wijs hebben. In dat opzicht zijn de Nederlandse onderzoekscholen wellicht beter gesitueerd. Als ze al ergens goed voor zijn, dan is het voor de mobiliteit van promovendi (waarschijnlijk vooral in de niet-bètavakken, die vroeger nogal 'lokaal' georganiseerd waren). Maar voor het onderzoek ziet het er veel minder gunstig uit. De beoordelingscommissie natuurkunde 'betwijfelt dat de scholen zullen bijdragen tot een verandering in management en financiering van het onderzoek. Het is erg onduidelijk, hoe zich een en ander zal ontwikkelen en hoe het huidige gecompliceerde op elkaar inwerken van de verantwoordelijkheden van onderzoekscholen, faculteiten en vakgroepen omgezet kan worden in een duidelijke organisatiestructuur'.¹⁴ In bètatermen verklaard: de nieuwe entiteiten zijn slechts mengsels, geen verbindingen. Jammer genoeg wil de overheid van alles ermee en staan ons gigantische operaties te wachten om 'top' van 'niet-top' te onderscheiden.

In de optiek van de Nobelprijsfan - en natuurlijk is dat niet de enige invalshoek - zou het veel beter zijn om de toekenningsprocedure voor de Spinozaprijzen verder te ontwikkelen. De prijswinnaars zouden Max Planck-(achtige) instituten kunnen leiden zonder al te veel inmenging van universitaire bestuurders en andere regelaars. Er bestaat al een Max Planck Instituut in Nederland (rond de psycholinguïst Levelt in Nijmegen). Er zouden er meer kunnen komen. Als we geen kolonie van Duitsland willen worden, zijn er heus wel tussenoplossingen te vinden.

Eindnoten:

- 1 H.B.G. Casimir, *Het toeval van de werkelijkheid*, o.c., p. 279.
- 2 Gerald Holton, *The Scientific Imagination. Case Studies*, Cambridge: Cambridge University Press, 1978, 382 p., p. 155-198.
- 3 Henk Becker, *Generaties en hun kansen*, Amsterdam: Meulenhoff, 1992, 5de druk 1996, 223 p.
- 4 Ernest Zahn, *Regenten, rebellen en reformatoren. Een visie op Nederland en de Nederlanders*, een vertaling van een oorspronkelijk in 1984 in het Duits verschenen boek, Amsterdam: Contact, 1989, 2de druk 1991, 365 p., p. 279.
- 5 Geciteerd in: Simon Rozendaal, 'Die uitmunten HBS. Het Nederlandse verband tussen HBS en Nobelprijs', *Elsevier* van 9 december 1995, p. 96.
- 6 Nico Wilterdink, 'Ongelijkheid en interdependentie', in: *Hoofdstukken uit de sociologie*, red. J. Goudsblom, Bart van Heerikhuizen en Johan Heilbron, Amsterdam: Amsterdam University Press, 1995, 223 p., p. 173-184.
- 7 Zie bv. J.J.A. Mooij, 'Is de Nederlandse beschaving in verval?', *Hollands Maandblad*, jrg. 21, nr. 387, februari 1980, p. 3-11. Het rapport voor NWO van Fons Alkemade, zie noot 5 bij de proloog, over de natuurwetenschap rond 1900 gaat in op het verval in de bètawetenschap voor de Tweede Wereldoorlog. Eerder in het rapport accepteert hij grotendeels de bloeibevorderende factoren die ik heb voorgesteld in mijn proefschrift. Zijn visie op het verval vind ik niet goed in overeenstemming te brengen met die acceptatie. Het verval was niet het gevolg van het optreden van weinig plausible nieuwe factoren, maar van het verdwijnen van de factoren die de bloei hadden bevorderd!
- 8 Harriet Zuckerman, *Scientific Elite. Nobel Laureates in the United States*, New York: The Free Press, 1977, 335 p. Zie ook de recensie door Nobelprijswinnaar Sir Peter Medawar, *Minerva*, vol. 15 (1977), p. 105-114.
- 9 Zie bijv. Zuckerman, p. 37-37, 148-149 en 184-189.

- 10 Een nationale commissie kwam met het rapport *Natuur- en sterrenkunde in Nederland*, dat na herziening verscheen in oktober 1996. Een internationaal complement, waarin onder meer vergelijkende gegevens over buurlanden en de Verenigde Staten, verscheen in februari 1997: *Internationale onderwijsvisitatie natuur- en sterrenkunde*. Het rapport van de onderwijsvisitatiecommissie wiskunde verscheen in maart 1996.
- 11 Op p. 65.
- 12 Simon Rozendaal, 'Die uitmuntende HBS. Het Nederlandse verband tussen opleiding en Nobelprijs', *Elsevier*, 9 december 1995, p. 98.
- 13 Joep Engels, 'Hollander in Seattle', *Trouw*, 5 maart 1997, p. 15.
- 14 *An Analysis of Physics in the Dutch Universities in the Nineties*, Utrecht: VSNU, 1996, 62 p., p. 16.

Epiloog. Kunnen wij iets leren van het vorige fin de siècle?

Bijna honderd jaar na de eerste Nobelprijzen is het onderzoeklandschap bijna onherkenbaar veranderd. Enorm grote of kostbare installaties als deeltjesversnellers of de Hubble-ruimtetelescoop en omvangrijke niet-universitaire onderzoeksfaciliteiten als het CERN in Genève of de laboratoria van IBM geven soms de indruk dat individuen slechts een bijrol spelen. Maar het is nog steeds zo dat organisaties en apparaten gewillig aan de leiband lopen van de onderzoekers die de vragen stellen, en dat aan alle onderzoek ideeën ten grondslag liggen die door mensen bedacht zijn. Kunnen individuen in een klein land als Nederland nog een grote rol spelen in een tijd dat Europa één geheel lijkt te worden?

Voor 1900 was ons land zonder Philips, Shell en Unilever een betrekkelijk marginale landbouw- en handelsnatie met wat textielindustrie en scheepsbouw. Het speelde al meer dan honderd jaar geen rol van betekenis in de wetenschap. Ik heb laten zien dat de verbetering van onderwijs en onderzoek het land op allerlei gebieden een wereldnaam heeft bezorgd. Ook onze multinationals zijn mede gebouwd op het toponderzoek van het vorige fin de siècle. Ondanks alle schaalvergroting en internationalisatie lijkt er nog steeds een rol weggelegd voor ‘plaatselijk’ toponderzoek. We kunnen zelfs niet zonder. Om goede universiteiten en laboratoria van grote bedrijven te kunnen blijven huisvesten, moeten we op veel gebieden aansluiten bij de wereldtop. Het is daarom te hopen dat de pogingen om weer tot excellentie te komen slagen. Het streven naar Nobelprijzen past daar prachtig in.

Honderd jaar geleden werd de snelle verbetering van het toponderzoek gedragen door vertegenwoordigers van in opkomst

zijnde middengroepen. Het is niet gemakkelijk om heden ten dage invloedrijke sociale groepen te vinden die zich met wetenschap op het hoogste niveau identificeren of willen identificeren. De verbeteringen van de laatste tien jaar zijn ook daarom misschien niet zo fundamenteel als in beginsel mogelijk was geweest. Het streven naar kwaliteit gaat echter door, vooral omdat we er internationaal toe gedwongen worden. Pas over decennia is te zien of er in onze tijd niet toch een krachtige nieuwe sociale stroming is ontstaan, waarvan de vertegenwoordigers zich willen profileren met internationale prestaties. De omhoogstrevers, maar ook de historici van hun achtergronden, pogingen en prestaties, zullen er zeker baat bij hebben om nog eens te kijken naar de wordingsgeschiedenis van de Nobelprijzen aan het begin van de eeuw, naar de uitstekende onderwijsprogramma's voor talentvolle jeugd met ambitie en naar de passende nieuwe functies. Heel veel is te danken geweest aan leraren en hoogleraren met het vermogen om te selecteren en zo een brug te slaan van scholen naar universiteiten. Ik begon dit boek met een citaat van Maxwell uit zijn recensie van de publicatie die aan de wieg stond van de Tweede Gouden Eeuw: het proefschrift van Van der Waals. Ik eindig met een passage uit een stukje van diens verre nazaat, J.H. van der Waals, emeritus hoogleraar natuurkunde in Leiden, in *NRC Handelsblad* van 13 november 1996: 'Wil men naar een meer piramidale structuur streven met een erg hardwerkende, competitieve universitaire top zoals men in de vs aantreft, dan moet men aan de basis beginnen. Het is bizar dat wij in de sport en bij diverse beroepsopleidingen voor kunstenaars selectie als een natuurlijke zaak beschouwen en, ondertussen, in ons onderwijs het onhoudbare ideaal van "gelijke kansen voor allen" belijden.'

Illustratieverantwoording

- Universiteitsmuseum De Agnietenkapel: portretten van Van der Waals, De Vries, Van 't Hoff, Zeeman, Pannekoek, Mannoury en Kohnstamm (pag. 73, 79, 102, 134, 141, 190 en 193).
- Universiteitsmuseum Universiteit van Leiden: portretten van Kamerlingh Onnes, Einthoven, De Sitter, Kramers en Oort (pag. 114, 127, 137, 164 en 176).
- Universiteitsmuseum Universiteit van Utrecht: portretten van Eijkman, Vening Meinesz en Ornstein (pag. 123, 156 en 207).
- Universiteitsmuseum Universiteit van Groningen: portretten van Kapteyn en Zernike (pag. 91 en 158).
- Kluyver Laboratorium Technische Universiteit Delft: portret van Beijerinck (pag. 96).
- Universitair Historisch Kabinet Erasmus Universiteit Rotterdam: portretten van Tinbergen en Koopmans (pag. 197).
- Eigen bezit: portret van Korteweg, foto's gebouwen en objecten (pag. 53, 55, 69, 83, 86, 93, 104, 107, 109, 126 en 146).
- Philips Company Archives: portretten van Gerard Philips en Gilles Holst (pag. 214).
- Wiskunde en Informatica-bibliotheek: foto's Heyting en promotie Troelstra (pag. 169 en 171).
- Gemeente Archief Den Haag: portret Thorbecke (pag. 26).
- Nationaal Onderwijsmuseum: foto Tilburgse hbs (pag. 31).
- Mevr. Hooijer-Ruben: portretten Dubois (pag. 117).
- Prof.dr. D. van Dalen: foto Brouwer (pag. 151).
- Sterrewacht Leiden: heelal van Oort (pag. 174).
- Goudsmit Collection, American Institute of Physics Emilio Segrè Visual Archives (pag. 195).

Personenregister

- Adama van Scheltema, C.S. 152
 Alberdingk Thijm, J.A. 115
 Alkemade, A.J.Q. 241, 245, 253
 Arrhenius, S. 35, 103
 Asser T. 13
- Baeyer, A. von 52, 57
 Bakhuis Roozeboom, H.W. 33, 66, 103, 191, 220
 Becker, H. 226
 Beijerinck, M.W. 94 e.v., 201, 204-205
 Bel, A. le 99
 Bellaar Spruyt, C. 192
 Bemmelen, J.M. van 30, 106
 Berg, F.J. van den 34
 Bergh, H. van den 215
 Berkel, K. 67
 Beth, E.W. 87, 167, 188
 Beth, H.J.E. 55, 87
 Bierens de Haan, D. 46, 68
 Blaauw, A. 93
 Bleeker, C.E. 159
 Bloembergen, N. 222, 227
 Bohr, H. 161
 Bohr, N. 161-163
 Boissevain, U.P. 90
 Boltzmann, L. 35, 52, 195
 Bolyai, F. 52
 Borel, H. 189
 Born, M. 224
 Bos, P. 98
 Bosscha, J. 30, 68, 111, 126, 203
 Bourdieu, P. 60
 Brinkman, H. 160
 Brookman, F.H. 241
 Brouwer, L.E.J. 55, 84, 142, 144 e.v. 167 e.v., 183, 188-189, 220
 Bryce, A.T. 159
 Büchner, L. 36
 Bunsen, R. 52, 76, 110
 Busken Huet, C. 12
 Buys Ballot, C.H.D. 19, 36, 88, 101, 124, 205
- Cailletet, L.P. 111
 Cantor, G. 148
 Carnap, R. 191
 Carnegie, A. 91

Casimir, H.B.G. 35, 216, 218-220
Cauchy A.-L. 52
Caviët, C.E.L. 211
Chantepie de la Saussaye, P.D. 184
Clausius, R. 36, 70 e.v.
Clay, J. 131, 188
Corbino, M. 224
Coster, D. 131
Crick, F. 220
Crutzen, P. 15, 222-223, 233
Cuypers, P.J.H. 116

Dalen, D. van 152
Dantzig, D. van 188, 190
Darwin, C.R. 52, 116

- Debije, P. 66, 115, 205, 222
 Dedekind, R. 52
 Delft, D. van 67
 Deterding, Sir H. 210
 Dewar, Sir J. 113-114
 Diepenbrock, A. 13
 Dirac, P.A.M. 165
 Dishoeck, E. van 231
 Doesburg, T. van 185
 Domela Nieuwenhuis, F. 140
 Donders, F.C. 19, 124, 205
 Dorgelo, H.B. 206, 208, 217-218
 Dresden, M. 166, 219-220
 Dubois, E. 32, 115 e.v.
 Duyvendak, J.J.L. 175
 Dyson, F. 165
- Eddington, A.S. 138
 Eeden, F. van 94, 151, 188
 Ehrenfest, P. 66, 108, 131, 138, 161, 165, 194-195, 217, 224
 Einstein, A. 11, 66, 105, 108, 134, 138-139, 215
 Einthoven, W. 54, 124 e.v., 129, 205
 Elias, N. 60
 Engelmann, T. 13, 66, 124
 Euwe, M. 152
 Eijkman, C. 120 e.v., 140
 Eijkman, J.F. 32, 183
- Faraday, M. 132
 Feldmann, C.P. 203, 213
 Fermi, E. 85, 195, 224
 Feynman, R. 165, 224
 Filippo, H. 216
 Fischer, E. 52
 Flim, G.J. 112
 Fock, C. 38
 Fokker, A.D. 109
 Foucault, J.B.L. 110
 Franchimont, A.P.N. 246
 Franck, J. 217
 Freudenthal, H. 170
 Friedmann, A.A. 138
 Frisch, R. 198
- Gauss, C.F. 51-52
 Geer, P.L. van 68
 Geertsema, J.H. 38 e.v.

Gibbs, J.W. 192
Gill, D. 89, 136
Gladstone, W.E. 25
Glivenko, V.A. 170
Gödel, K. 170, 191
Gogh, V. van 31
Gorter, C.J. 135
Gorter, H. 140-141
Goudsmit, S. 66, 131, 164, 220
Gould, S.J. 224
Grijns, G. 121 e.v.
Grinwis, C.H.C. 88
Grossmann, M. 215
Gunning, J.H. 194
Gunning, J.W. 102

Haan, J.I. de 189
Haas, W.J. de 60, 66, 131, 208
Hale, G.E. 91
Hamburger, H.J. 78
Hamel, A.G. van 182
Hamel, G.A. van 182
Heemskerk Azn, J. 38 e.v.
Heisenberg, W. 163-165
Helmholtz, H. von 36, 52, 57, 76
Hennipman, P. 194
Hertz, G. 66, 217
Hertz, H. 195
Hertzsprung, E. 60, 66, 137
Heuvel, E.P.J. van 144, 230
Heymans, G. 90, 186
Heyting, A. 167 e.v., 224
Hilbert, D. 52, 147, 151
Hoff, J.H. van 't 32, 34, 50, 54-55, 77, 94, 98 e.v., 107, 129, 201, 220, 222
Hoff, R. van 't 185
Hofmann, A.W. von 52

Hofmeister, W. 76
 Hofstede Crull, R.W.H. 202 e.v.
 Hol, W. 233
 Holst, G. 114, 214 e.v.
 Hooft, G. 't 230
 Houthakker, S. 196
 Hubrecht, A.A.W. 89
 Huizinga, D. 90
 Huizinga, J. 28, 88
 Hulst, H.C. van de 173, 220
 Humboldt, W. von 26
 Huygens, C. 31, 56

Idenburg, Ph.J. 47 e.v.
 Ivanovsky, D. 97

Jacob, F. 224, 230
 Jacobi, C.G. 51
 Jacobs, A. 33
 Jansen, B.C.P. 122
 Jeans, Sir J. 92
 Julius, V.A. 51, 72, 205
 Julius, W.H. 125, 165, 205-206

Kaiser, F. 68, 106
 Kamerlingh Onnes, Heike 54-56, 60, 68, 70, 72, 110 e.v., 132-133, 201, 204, 215
 Kamerlingh Onnes, H.H. 185
 Kamerlingh Onnes, M. 185
 Kampen, N.G. van 230
 Kandinsky, W. 185
 Kant, I.
 Kappeyne van de Coppello, J. 45
 Kapteyn, J.C. 54, 60, 88 e.v., 111, 120, 129, 136-137, 139-140, 142, 157, 172, 186
 Kapteyn, W. 89, 93, 121
 Kautsky, K. 140
 Keesom, W.H. 66, 131
 Kekulé von Stradonitz, A. 35, 52, 57, 99
 Kelvin of Largs, W. Thomson, Baron 213
 Kesselring, O. 112
 Kessler, J.B.A. 210
 Keus, H.I. 203
 Kirchhoff, G.R. 110
 Klinkhamer, H.A.W. 203, 217
 Kluyver, A.J. 97
 Kluyver, J.C. 82

Koch, R. 89, 93, 121
 Koenigswald, G. von 118
 Kohnstamm, P. 191 e.v.
 Kok, J.E.F. de 210-211
 Kolbe, H. 101
 Kolmogorov, A. 170
 Koopmans, T. 196 e.v., 222
 Korteweg, A. 185
 Korteweg, D.J. 55, 60, 81 e.v., 120, 129, 142, 144 e.v., 151, 153, 186, 201
 Kox, A.J. 73, 109, 135
 Kramers, H.A. 161 e.v., 197-198, 208, 219-220, 230
 Kramers, J. 161
 Kronecker, L. 51
 Kronig, R. de Laer 195, 208
 Kuenen, J.P. 131
 Kummer, E.E. 51
 Kun, B. 142
 Kundt, A. 50

Laar, J.J. van 246
 Lange, F.A. 36
 Leaky, R. 118
 Lemaire, T. 120
 Lemaître, G. 138
 Lenin (W.I. Oeljanov) 141
 Levelt, W.J.M. 235
 Liebig, J. von 52, 57
 Lobatchewski, N.I. 52
 Lorentz, H.A. 50, 54-55, 57, 60, 70, 105 e.v., 129, 132-134, 136, 140, 161, 163, 165, 186, 206, 223-224
 Lummer, O.R. 52
 Lwoff, A. 224

Ma, W.K. 231
 Maanen, A. van 66, 131
 Mach, E. 35, 195
 Mankes, J. 185
 Mannoury, G. 55, 87, 151, 167-168, 188 e.v.
 Marc. F. 185
 Marken, J. van 95, 201
 Mauthner, F. 188
 Maxwell, J.C. 11, 52, 69, 195
 Meer, S. van der 222
 Minnaert, M. 66, 205
 Moleschott, J. 19, 36
 Monod, J. 224
 Mulder, G.J. 19, 205
 Multatuli (E. Douwes Dekker) 188

Neurath, O. 190

Olszewsky, K.S., 112
 Oort, J.H. 65, 131, 171 e.v., 220, 224
 Oosterhuis, E. 215
 Ornstein, L.S. 131, 157, 188, 190, 205 e.v.
 Ostwald, W. 35, 103, 195
 Oudemans jr., A.C. 34, 201

Pais, A. 219-220
 Pannekoek, A. 140 e.v., 224
 Paschen, F. 52
 Pasta, E. 85
 Pasteur, L. 52, 97
 Pauling, L. 220
 Philips, A. 212 e.v.
 Philips, G. 212 e.v.
 Pictet, R.-P. 111-112
 Pierson, N.G. 194
 Planck, M. 50, 103, 108, 162
 Poggendorff, J.C. 21
 Poincaré, J.H. 9, 148
 Poutsma, A. 183
 Poutsma, H. 183
 Pringsheim, E. 52
 Quay, J.E. de 218

Raan, A.F.J. van 222
 Ramsay, Sir W. 114
 Rasetti, F. 224
 Rayleigh, J.W. Strutt, 3rd Baron 85

Reuvens, J.C. 75
Riemann, B. 52
Rijke, P.L. 30, 68
Roland Holst-van der Schalk, H. 140-141
Röntgen, J. 13
Röntgen, W.C. 52, 66, 222
Rousseau, J.J. 145
Rubens, H. 52
Russell, B.A.W. 3rd Earl 142
Russell, J.S. 84
Ruys de Beerenbrouck, jhr C.J.M. 142

Sachs, J. 76
Saha, M.N. 142
Sande Bakhuyzen, E.F. van de 136-137, 140
Sande Bakhuyzen, H.G. van de 34, 89, 136, 140
Schermerhorn, W. 173
Schleiden, J.M. 52
Schmitz, H.W. 188, 191
Scholz, H. 170
Schoute, P.H. 82
Schwann, T. 52
Schwinger, J. 165
Segrè, E. 224
Sammelweis, I. 52
Sissingh, R. 51, 72
Sitter, A de 93
Sitter, W. de 88, 125, 136 e.v., 140-142, 224
Slipher, V.M 138
Sluyterman van Loo, W.L. 210
Smit, W. 202, 215
Snelders, H.A.M. 104

Snijders, J.A. 202
 Sommerfeld, A. 66
 Stein, J.W.J.A. 131
 Steyn Parvé, D.J. 30
 Stieltjes, T.J. 51, 66, 82, 144
 Stigt, W.P. van 152
 Struik, D.J., 12, 161
 Suringar, W.F.R. 75
 Swaaij, G.J. van 203

Theil, H. 196
 Theunissen, B. 81, 98, 120
 Thomson, J.J. 133
 Thorbecke, J.R. 25 e.v., 200
 Tinbergen, J. 194 e.v., 222-223
 Tinbergen, N. 66, 222
 Troelstra, A.S. 170
 Tuik, J. 251

Uhlenbeck G. 66, 131, 165, 208, 220
 Ulam, S. 85

Vening Meinesz, F.A. 65, 131, 152 e.v., 220
 Vogt, C. 36
 Voigt, W. 23
 Vries, G. de 84 e.v.
 Vries, H. de 54-55, 75 e.v.

Waals, J.D. van der 53-57, 67 e.v., 82, 106, 107, 110-113, 129, 134, 191
 Waals jr., J.D. van der 74, 87, 193, 219
 Waals, J.E. van der 74, 184 e.v.
 Waals, J.H. van der 237
 Waller, A.D. 124
 Watson, J.D. 220
 Weber, W.E. 52, 57
 Wegener, A. 155
 Weierstrass, K. 52
 Welby, V., Lady 188
 Wien, W. 52
 Wiles, A. 52
 Willigen, V.S.M. van der 30
 Willink, F.R. 203
 Willink, J. 202
 Willink, W. 202-203
 Wilterdink, N. 227
 Winogradsky, S.N. 97
 Wislicenus, J. 35, 100-101

Wittgenstein, L. 145, 188

Wright, F.L. 185

Wroblewski, Z.F. 112

Wurtz, C.-A. 99

Zahn, E. 226

Zeeman, P. 53-55, 72, 74, 131 e.v., 140, 204

Zernike, A. 185

Zernike, E. 185

Zernike, F. 157 e.v., 206, 222, 230

Zuckerman, H. 231